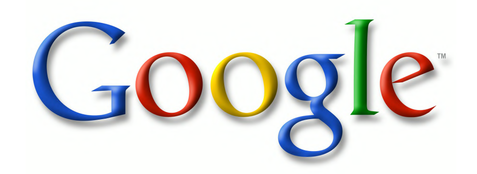
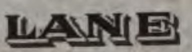


Dr. B. RAWITZ

HISTOLOGIE


Ex
Libris
Dr. H. J. Kreutzmann





Lehrbücher und Compendien

aus dem Verlage von

S. KARGER in Berlin NW. 6.

Normale Anatomie, Compendium der normalen Anatomie. Von **Dr. A. Voll,** I. Assistent am anatom. Institut der Univ. Würzburg. Mit 27 Abbildungen. Eleg. gbd. M. 8.—

Pathologische Anatomie. Compendium der Pathologischen Anatomie. Von **Doc. Dr. R. Langerhans,** Assistent am Pathologischen Institut der Universität Berlin. Mit 55 Abbildungen. Eleg. gbd. M. 9.—.

Augenheilkunde. Compendium der Augenheilkunde. Von **Doc. Dr. P. Silex,** I. Assistent an der Kgl. Universitäts-Augenklinik in Berlin. Zweite Auflage. Mit 48 Abbildungen. Eleg. gbd. M. 4.80.

Chirurgie. Compendium der Allgemeinen Chirurgie. Von **Doc. Dr. G. de Ruyter** und **Dr. E. Kirchhoff,** fr. Assistenten an der Kgl. chirurg. Klinik der Universität Berlin. Mit 39 Abbildungen. Eleg. gbd. M. 5.—.

— Compendium der **speciellen** Chirurgie. Von **Doc. Dr. G. de Ruyter** und **Dr. E. Kirchhoff,** fr. Assistenten an der Kgl. chirurg. Klinik der Universität Berlin. Mit 81 Abbildungen. Eleg. gbd. M. 6.80.

Geburtshülfe. Geburtshülfliches Vademecum. Von **Doc. Dr. A. Dührssen,** I. Assistent an der geburtshülflich-gynaekologischen Klinik der Charité in Berlin. Vierte Auflage. Mit 33 Abbildungen. Eleg. gbd. M. 4.50.

Gynaekologie. Gynaekologisches Vademecum. Von **Doc. Dr. A. Dührssen,** I. Assistent an der geburtshülflich-gynaekologischen Klinik der Charité in Berlin. Dritte Auflage. Mit 105 Abbildungen. Eleg. gbd. M. 4.50.

Histologie. **Grundriss der Histologie.** Von Doc. Dr. **B. Rawitz** in Berlin. Mit zahlreichen Abbildungen. Broch. ca. M. 5.—. Eleg. gebd. ca. M. 7.—.

Hygiene. Leitfaden der Hygiene. Von **Prof. Dr. A. Gärtner,** Director des hygienischen Instituts der Universität Jena. Mit 106 Abbild. Broch. M. 7.—. Eleg. gbd. M. 8.—

Kinderkrankheiten. Arzneiverordnungen in der Kinderpraxis. Auf Grundlage des Arzneibuches für das Deutsche Reich. III. Ausg. Bearbeitet von **Dr. H. Guttmann,** Arzt in Berlin. Zweite Aufl. Eleg. gbd. u. durchsch. M. 2.50.

— Grundriss der Kinderheilkunde. Von **Doc. Dr. C. Seitz,** Director der Kinder-Poliklinik am Reisingerianum in München. Broch. ca. M. 6.—. Eleg. gbd. ca. M. 7.—.

Nase. Die Krankheiten der Nase, deren Nebenhöhlen und des Nasenrachenraums. Mit besonderer Berücksichtigung der rhinologischen Propaedeutik. Von **Dr. C. Zarniko,** fr. I. Assistent des Herrn San.-R. Dr. A. Hartmann in Berlin. Mit ca. 120 Abbildungen. Broch. ca. M. 6.—. Eleg. gbd. ca. M. 7.—

Physiologie. Compendium der Physiologie des Menschen. Von Dr. R. Oestreich. Vol. Assistent am Pathologischen Institut in Berlin. Mit 79 Abbildungen und einer farbigen Tafel. Eleg. gebd. M. 6.—.

Rachen- und Kehlkopf. Die Krankheiten der Mundhöhle, des Rachens und des Kehlkopfes, einschliesslich der Untersuchungs- und Behandlungsmethoden. Von **Dr. Albert Rosenberg,** I. Assistent an der Kgl. Univ.-Poliklinik für Hals- und Nasenkranke in Berlin. Mit 178 Abbild. und 1 lithogr. Tafel. Broch. M. 8.— Eleg. gbd. M. 9.—.

Recepttaschenbuch (Berliner). Klinisches Recepttaschenbuch. Nach der III. Ausgabe des Arzneibuches für das Deutsche Reich zusammengestellt von **Dr. Fr. van Ackeren,** Assistent an der II. medicin. Klinik des Herrn Geheimrat Prof. Dr. Gerhardt in Berlin. — Zweite Auflage. Eleg. gbd. M. 2.50.

Medicinischer Verlag von S. KARGER in Berlin NW. 6.

GRUNDRISS

DER

HISTOLOGIE.

FÜR STUDIERENDE UND ÄRZTE

VON

DR. BERNHARD RAWITZ,
PRIVATDOZENTEN AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

MIT 204 ABBILDUNGEN.



BERLIN 1894.
VERLAG VON S. KARGER,
CHARITÉSTRASSE 3.

Druck von Albert Koenig in Guben.

Vorwort.

Der vorliegende Grundriss der Histologie unterscheidet sich von den bisher gangbaren Werken gleichen Inhaltes dadurch, dass in ihm die Technik zur Herstellung mikroskopischer Präparate nicht enthalten ist. Ich habe vor einigen Jahren ein kleines Buch unter dem Titel Leitfaden für histologische Untersuchungen (Jena, Gustav Fischer) erscheinen lassen, in welchem alle für den Schüler wie für den Fertigen wichtigen technischen Vorschriften enthalten sind. Wer sich selbständig oder unter Anleitung über die in diesem Grundrisse geschilderten Thatsachen informieren will, der sei auf meinen Leitfaden hiermit verwiesen.

Das Fehlen technischer Angaben könnte vielleicht manchem als ein Mangel des Grundrisses erscheinen: ich möchte eher der gegenteiligen Ansicht sein. Die stete Unterbrechung, welche in der Thatsachenschilderung durch die Anführung technischer Notizen notwendigerweise hervorgebracht wird, hat zur Folge, dass der Benutzer des betreffenden Buches keinen Überblick, weder über die ganze Histologie noch über deren einzelne Kapitel, erhält, und dass der Verfasser Manches zu aphoristisch halten muss, nur um sein Werk nicht zu umfangreich zu gestalten. Auch habe ich nicht finden können, dass unsere studierende Jugend, welche fast ausschliesslich die zugleich die Technik enthaltenden Werke benutzt, besser histologisch durchgebildet wäre, als die früheren Studentengenerationen. Ich glaube vielmehr, dass zu meiner Studienzeit, in welcher Histologieen mit Technik noch nicht existierten, mehr histologisches Wissen und, was auch nicht unterschätzt werden durfte, mehr Streben nach histologischer Kenntnis vorhanden war, als dies zur Zeit der Fall ist. Wo die Schuld für diese Erscheinung, von deren Vorhandensein ich mich immer von neuem überzeugen muss, zu suchen ist, das bleibe hier unerörtert.

Die Fernhaltung aller technischen Notizen verschaffte mir aber zugleich einen Vorteil, den ich sehr hoch anschlage, denn sie ermöglichte mir, von einer rein dogmatischen Darstellung abzusehen. Ohne besorgen zu müssen, mich über das mir gesetzte Maass auszudehnen, hatte ich, da der Text keine künstliche Diskontinuität besass, die Gelegenheit, nicht bloss die Thatsachen als solche zu schildern, sondern auch die durch die Thatsachen bez. Beobachtungen aufgerollten Probleme zu diskutieren. Hoffentlich wird man finden, dass ich diese Gelegenheit nicht zur Ungebühr benutzt habe und dass durch solche Diskussionen der didaktische Wert des Grundrisses nicht gelitten.

Den Herren v. Brunn und Flemming bin ich für die Erlaubnis, Abbildungen zu kopieren bez. Schemata zu reproduzieren, dankbar verpflichtet. Den Herren J. Wolff, Miller, Katz, Blaschko und Katzenstein danke ich, dass sie mir treffliche mikroskopische Präparate zum Nachzeichnen zur Verfügung stellten, und endlich, last not least, danke ich meinem Herrn Verleger für sein bereitwilliges Eingehen auf meine Wünsche, sowohl hinsichtlich der Ausstattung wie der beizugebenden Abbildungen.

Die Abbildungen, welche kopiert oder nach fremden Präparaten gezeichnet sind, sind durch Beifügung des betreffenden Namens in Parenthese kenntlich gemacht; diejenigen Abbildungen, die keine Namensbezeichnung führen, sind nach eigenen Präparaten von mir selber gezeichnet.

Möge der Grundriss das Seinige dazu beitragen, den Sinn für Histologie und für histologische Studien bei unserer studierenden Jugend zu heben.

Berlin, im Oktober 1893.

Rawitz.

Inhaltsverzeichnis.

I. Einleitung.

§ 1. Die Wissenschaft, deren Untersuchungsobjekt der tierische Körper ist, zerfällt je nach dem Gesichtspunkte, der für die Forschung als maassgebender im Vordergrunde steht, in zwei Hauptteile: in die Anatomie und die Physiologie. Aufgabe der letzteren ist es, die Funktionen des lebenden Tierkörpers zu studieren, die Beziehungen der einzelnen Organe zu einander und zu der Erhaltung des individuellen Lebens aufzudecken und die einzelnen Vorgänge auf mechanische Gesetze zurückzuführen. Als Grundlage für dieses Studium dienen die Resultate, welche die Anatomie geliefert hat. Diese zergliedert den todten Körper, erkennt dadurch dessen Zusammensetzung aus einzelnen verschiedenartig gebauten Teilen, die Lagerung und morphologische Beziehung derselben zu einander und zum Ganzen und ermöglicht es so, um das Wort eines alten Anatomen zu gebrauchen, „den todten Organismus im Geiste lebendig wieder aufzubauen". Die Anatomie zeigt also das Was, die Physiologie das Wie des tierischen Lebens, beide Zweige der Wissenschaft ergänzen und durchdringen einander. Ohne das Wie, d. h. ohne die Erkenntnis der Verrichtungen, bleibt das Was, d. h. die Kenntnis des Baues, ein inhaltsloses Nebeneinander von Thatsachen, und ebenso ist ohne das Was das Wie ein Sammelsurium beziehungsloser Erscheinungen.

Bei der Zergliederung eines Körpers kommen wir zufolge der Unvollkommenheit unserer Sinne sehr bald an eine Grenze, an welcher die Möglichkeit einer weiteren Zerlegung der Teile mittelst der gewöhnlichen einfachsten Hilfsmittel (Messer, Scheere, Pinzette) aufhört. Wir können anatomisch die Organsysteme und die Organe, allenfalls auch noch grob wahrnehmbar einzelne Gewebe zur Anschauung bringen: aber mehr nicht. Wollen wir tiefer eindringen, wollen wir erkennen, woraus sich ein Gewebe, ein Organ aufbaut und in welcher Weise seine einzelnen Teile zur anatomischen und

physiologischen Einheit zusammentreten, so müssen wir die Objekte mit dem bewaffneten Auge betrachten. Das Instrument, welches unserem Auge das Kleinste, ohne weiteres nicht Wahrnehmbare zuführt, ist das Mikroskop, und der Teil der Wissenschaft, der sich stets dieses Instrumentes als Hilfsmittels bedient, ist die mikroskopische Anatomie oder kürzer, wenn auch nicht besser, die Histologie oder Gewebelehre (von ὁ ἱστος oder τὸ ἱστίον, das Gewebe).

Die Histologie ist also die Wissenschaft der mikroskopisch erkennbaren Zusammensetzung des Körpers. Sie lehrt uns den Aufbau der Gewebe und Organe kennen und zeigt dabei, dass beide Bestandteile des Körpers Derivate der Lebensthätigkeit kleinster Elemente, der letzten morphologischen Einheiten sind. So wird die anatomische Kenntnis des Körpers durch die Ergebnisse der mikroskopischen Forschung ungemein vertieft. Aber auch für die Physiologie ist die Histologie von fundamentaler Bedeutung. Sind die Organe und Gewebe, wie eben bemerkt, das Resultat der Lebensthätigkeit kleinster Elemente, so sind auch die Funktionen, da sie an die Organe gebunden sind, weil diese für jene das Substrat bilden, in gleicher Weise auf die Thätigkeit dieser Elemente zurückzuführen. Mit anderen Worten: die letzte morphologische Einheit ist auch zugleich die letzte physiologische Einheit.

Wie es gelungen ist, ein jedes Organ auf seine letzten morphologischen Einheiten zurückzuführen, so ist es auch in allerdings sehr wenigen Fällen gelungen, die Funktion in bestimmten Veränderungen der physiologischen Einheiten zu erkennen. Ob, was sehr wahrscheinlich ist, alle Verrichtungen, alle Vorgänge einhergehen mit derartigen Veränderungen, oder was dasselbe heisst, ob jede funktionelle Äusserung im Körper auch morphologisch in bestimmter, sichtbar zu machender Weise in den letzten Einheiten abläuft, das ist noch nicht festgestellt. Würde die Erkenntnis einst soweit gelangen, dann, aber auch erst dann, hätten wir in Wahrheit das Fundament für eine mechanische Erklärung des Lebens gewonnen. So steht die Histologie mitten inne zwischen Anatomie und Physiologie, sie verbindet beide Zweige der Wissenschaft zur Einheit, zur Biologie, der Lehre vom Leben.

In Folgendem sollen nun die Thatsachen, welche bisher über die mikroskopische Zusammensetzung des Tierkörpers gefunden worden sind, in gedrängter Übersicht angeführt werden. Praktische Momente

lassen es ratsam erscheinen, hierbei nur die Wirbeltiere zu berücksichtigen, also nur eine Wirbeltierhistologie zu geben und auch hier in erster Linie auf die Säugetiere zu rekurrieren. Das, was bei den letzteren gefunden wird, hat meist Giltigkeit auch für den Menschen, der, nach der Descendenztheorie, ja nichts weiter als das zur Zeit höchst entwickelte Säugetier ist.

II. Die Zelle.

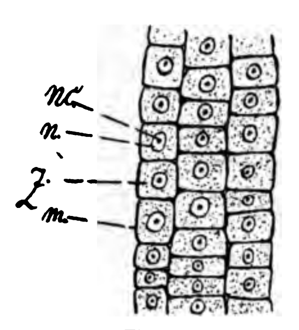
Allgemeines.

§ 2. Die letzte morphologische (und physiologische) Einheit, welche uns das Mikroskop aufdeckt, aus welcher jedes Organ, jedes Gewebe besteht und durch deren Lebensthätigkeit das individuelle tierische (und pflanzliche) Leben erst zu Stande kommt, ist die Zelle. Die Zellen, deren jeder Körper, mit Ausnahme der der Protisten, viele Millionen besitzt, sind die wahren Lebensheerde, und der Name, den Brücke für sie eingeführt hat, „Elementarorganismen" (Plastiden nach Häckel) bezeichnet erschöpfend die Bedeutung dieser Gebilde. Sie sind die letzten morphologischen Einheiten: man kann an ihnen, wie später noch zu erörtern sein wird, einzelne Teile unterscheiden, von denen jeder eine mehr oder minder hervorragende Bedeutung für das Zellenleben besitzt, ihre feinere Struktur ist ausserordentlich kompliziert; aber die Teile gewinnen nur in ihren Beziehungen zur ganzen Zelle eine Bedeutung und sind für sich allein kaum oder gar nicht existenzfähig, und die Komplikation führt uns niemals zu einer neuen Einheit. Die Zelle als Organismus besteht aus einzelnen Organen; daraus darf aber nicht, wie das vielfach geschehen ist, die Berechtigung entnommen werden, die einheitliche Natur dieser Gebilde zu leugnen. Denn die Thätigkeit der Elementarorgane fliesst ebenso zusammen zu der Erhaltung des Elementarorganismus, wie die Thätigkeit der abgeleiteten (komplizierten) Organe die Erhaltung des individuellen tierischen (bez. pflanzlichen) Körpers bedingt. Wie jedes Tier, jede Pflanze als eine Einheit, als ein Individuum, trotz der Mannigfaltigkeit ihrer Zusammensetzung, betrachtet wird, so muss auch der aus Elementarorganen bestehende Elementarorganismus als solch' ein Individuum, als ein Zellindividuum angesehen werden.

Die Zellen sind die letzten physiologischen Einheiten. Sie ernähren sich und wachsen durch Assimilation der Nahrung, sie bewegen sich unter bestimmten Bedingungen und sie pflanzen sich fort. Ernährung, Wachstum, Bewegung und Fortpflanzung: das sind die Grundeigenschaften eines jeden zusammengesetzten tierischen und pflanzlichen Individuum; in diesen vier Richtungen, und nur in diesen, äussert sich jegliches Leben. Das Resultat, das durch diese vierfache Thätigkeit der Elementarorganismen geliefert wird, ist der tierische bez. pflanzliche Körper, oder was dasselbe heisst: jegliche Erscheinung, die wir im Leben der Tiere und Pflanzen antreffen, alles, was in und am tierischen (pflanzlichen) Körper vorgeht, hat seinen letzten Grund in den Lebensäusserungen der Elementarorganismen, wird durch diese hervorgebracht und wirkt, wie natürlich, auf deren Lebensthätigkeit wiederum zurück. Diese Thatsache ist namentlich gegenüber gewissen chemischen Anschauungen, die sich vielfach breit machen und durch ihre Pseudo-Exaktheit leicht Verwirrung hervorrufen können, streng festzuhalten. Abgesehen von den Ingestis, die allmählig in das Leben der Elementarorganismen als Bestandteile eingeführt werden, ist im tierischen Körper keine Flüssigkeit, kein Festes vorhanden, die nicht auf die Thätigkeit der Zellen zurückführbar wären. Werden nun differente Substanzen chemischer Natur (Flüssigkeiten etc.) z. B. zum Zwecke des Heilens in den Organismus gebracht, so wird durch dieselben die Thätigkeit der Elementarorganismen, sei es in günstigem, sei es in ungünstigem Sinne, beeinflusst. Eine rein chemische Wirkung ohne die Intervention der Zellen ist nicht vorhanden, denn der tierische (pflanzliche) Organismus ist kein Destillierkolben, in welchem verschiedene Flüssigkeiten gemischt werden können, um sich nach chemischen Gesetzen zu vereinigen oder zu zersetzen, sondern der Organismus ist das lebendige Produkt lebendiger Thätigkeit (i. e. lebendiger Bewegung), wobei es für diese Betrachtung ganz irrelevant ist, wie und ob wir die Bewegungsphänomene, die wir als Leben zu bezeichnen uns gewöhnt haben, befriedigend erklären können oder nicht.

Form und Zusammensetzung der Zellen.

§ 3. Der Name Zelle für die Elementarorganismen der Körper rührt von den Entdeckern dieser Gebilde, dem Botaniker Schleiden und dem Physiologen Schwann, her. Der erstere, welcher die Zusammensetzung des pflanzlichen Körpers aus letzten morphologischen Einheiten wahrgenommen hatte, verglich diese Einheiten, durch gewisse äussere Erscheinungen dazu geführt, mit den Zellen oder Waben



Figur 1.
Schnitt durch den Keim einer Erbse. z = Zellsubstanz, n = Nucleus, nc = Nucleolus, m = Membran.

eines Bienenstockes, und der letztere adoptierte diese Bezeichnung für die letzten morphologischen Einheiten des Tierkörpers. Aus diesem Vergleiche heraus und fussend auf den Eigentümlichkeiten namentlich der pflanzlichen Gebilde rechnete man dann lange Zeit folgende Teile als unbedingt notwendig zu einer Zelle: Zellmembran, Zellsubstanz, Kern mit Kernkörperchen. Fast als der wichtigste Teil wurde die Zellmembran angesehen, während auf die Existenz des Kernes, dessen Vorhandensein bei den unvollkommenen technischen Hilfsmitteln der beginnenden Wissenschaft nicht in allen Zellen nachgewiesen werden konnte, weniger Gewicht gelegt wurde. Diese Ueberschätzung der Membran ist heute einer, meines Erachtens sehr grossen, Ueberschätzung der Bedeutung des Kernes gewichen; heute glaubt man vielfach, dass der Kern der wichtigste Bestandteil der Zelle sei, dem gegenüber die Zellsubstanz nur wenig, die Membran gar nicht in Betracht komme. Die Umwandlung in der Auffassung wurde durch die reformatorischen Arbeiten von Max Schultze herbeigeführt. Durch das Studium namentlich der einzelligen Organismen, der von Häckel sogenannten Protisten, gelangte Schultze zu der Erkenntnis, dass die beiden wichtigsten Bestandteile aller tierischen und pflanzlichen Zellen die Zellsubstanz oder das Protoplasma (Sarcode nach Dujardin, Cytoplasma nach Häckel) und der Kern mit dem Kernkörperchen seien, während die Membran nur eine untergeordnete Bedeutung besitzt und jedenfalls keinen integrierenden Bestandteil der Zelle darstellt. Weitere Forschungen, die sich auf die Zellen der einzelnen Organe des tierischen Körpers ausdehnten, lehrten dann die allgemeine Richtigkeit der eben erwähnten Auffassung kennen, denn keine Zelle entbehrte der Zellsubstanz und des Kernes oder Nucleus mit dem Kernkörperchen oder Nucleolus, die meisten aber besassen nie während ihres individuellen Lebens eine Membran.

Vereinfachter noch wurde das Zellschema durch die Entdeckung der sogenannten Moneren durch Häckel. Dieser Forscher lehrte Organismen auf der niedersten Stufe der Organisation kennen, welche weder eine Membran noch einen Kern mit Kernkörperchen besitzen. Der ganze Leib dieser Lebewesen besteht ausschliesslich aus Zellsubstanz, und dieses nackte Klümpchen organisierter Materie zeigt dennoch die vier Grundeigenschaften jeglichen Lebens, nämlich Er-

nährung, Wachstum, Bewegung und Fortpflanzung. Wohl ist es durch die vervollkommneten technischen Hilfsmittel der Gegenwart gelungen, in vielen Moneren Häckel's die Kernsubstanz, wenn auch nicht in fester Zusammenfassung sondern mehr zerstreut, nachzuweisen. Doch dürfte dadurch, meines Erachtens wenigstens, die Existenz der Moneren, also kernloser Cytoplasmaklümpchen, noch nicht widerlegt sein. Denn auf die Zusammenfassung der Kernsubstanzen zu einem besonders differenzierten, von der Zellsubstanz sich deutlich abhebenden Gebilde kommt es hauptsächlich an; der Mangel einer solchen Differenzierung unterscheidet die Moneren von den mit Kern versehenen und daher höher organisierten Einzelligen. Die Moneren oder Cytoden, wie sie Häckel auch nennt, würden dadurch die primitivste Stufe tierischen (und pflanzlichen) Lebens repräsentieren. Dass auf dieser Stufe wir Organismen begegnen, welche nur oder fast nur aus Cytoplasma bestehen, ist von Wichtigkeit auch in theoretischer Hinsicht, wie sich zeigen wird, wenn die Bedeutung des Kernes für die Lebensthätigkeit der Zellen wird diskutiert werden.

§ 4. Die Grundform der tierischen Zelle — und in Folgendem werden wir uns nur mit den Zellen der Tiere beschäftigen —



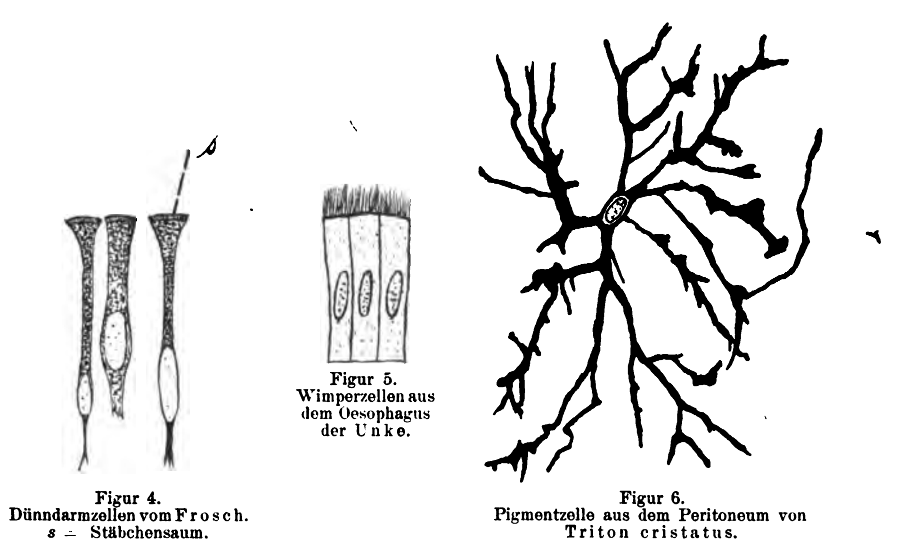
Figur 2.
Unreifes Eierstocksei vom Frosch.
d = Dotter, n = Kern.



Figur 3.
Knochenkörperchen aus einem Spongiosabälkchen der Tibia des Kaninchens (frisch).

ist die Kugel. Am deutlichsten wird dieselbe repräsentiert durch die unreife und reife Eizelle; die erstere zeigt auch am besten das Schema der Zelle, denn sie besteht aus Zellsubstanz (hier Bildungsdotter genannt) und Kern (hier Keimbläschen), in welch letzterem ein grosser (am reifen Ei) oder zahlreiche kleine (am unreifen Ei) Kernkörperchen (hier Keimfleck) anzutreffen sind. Nur wenige Zellen des tierischen Körpers zeigen diese Form, und die selbständig existierenden Zellen, d. h. die einzelligen Organismen nehmen dieselbe nur dann an, wenn sie zur Ruhe zurückkehren, während sie meist durch Ausstossen einer wechselnden Zahl von Fortsätzen, also in der Bewegung, der Form nach nicht bestimmt werden können. Wir

finden ferner im Körper spinnenartige Zellen, z. B. die Knochenkörperchen; kegelförmige Zellen, wie im Epithel des Darmkanales, cylindrische Zellen, so viele Wimperzellen; Spindelzellen, bei



Figur 4.
Dünndarmzellen vom Frosch.
s = Stäbchensaum.

Figur 5.
Wimperzellen aus dem Oesophagus der Unke.

Figur 6.
Pigmentzelle aus dem Peritoneum von Triton cristatus.

den glatten Muskeln; verästigte (sternförmige) Zellen, so erscheinen viele Pigment-, Ganglien- und Bindegewebszellen.

Die einzelnen Klassen der Wirbeltiere unterscheiden sich durch die Grösse ihrer Zellen sehr bedeutend von einander. Die grössten Zellen haben die Amphibien und unter diesen die Urodelen, dann folgen die Selachier, deren Elemente ebenfalls einen nicht unbeträchtlichen Umfang besitzen, während die Zellen der Cyclostomen, Teleostier, Reptilien, Vögel und Säuger sehr klein sind. Worauf diese interessante und auffällige Differenz zurückzuführen ist, welche ursächlichen Momente hier zu Grunde liegen, das ist z. Z. noch völlig unklar. In der höheren oder niederen Stufe der Ausbildung der Organisation kann das Moment nicht liegen, denn unter den Wirbellosen haben die hochorganisierten Crustaceen sehr grosse, die niedrig organisierten Cnidarier sehr kleine Zellen.

Unter den Zellen des Körpers sind die grössten die Eizellen und die Ganglienzellen, während die kleinsten durch die Samenfäden dargestellt werden.

§ 5. Zellsubstanz, Kern mit Kernkörperchen also sind die Hauptbestandteile der Zellen, während die Membran nur eine sekundäre Bedeutung besitzt. Betrachten wir diese Teile im einzelnen näher.

Die Zellsubstanz ist ein Eiweisskörper von sehr verwickelter chemischer Constitution, der ein ausserordentlich hohes Quellungsvermögen besitzt, in Wasser unlöslich und durch Säuren fällbar ist. Auf den Chemismus der Zellsubstanz kann hier nicht näher eingegangen werden.

Morphologisch zeigt die Zellsubstanz einen ungemein verwickelten Bau, dessen Einzelheiten durchaus noch nicht zur Genüge erkannt sind. Man kann hauptsächlich zwei Bestandteile unterscheiden, die offenbar, wie sie mikroskopisch verschieden charakterisiert sind, auch physiologisch eine differente Bedeutung besitzen. Der eine Bestandteil ist das Protoplasma (Kupffer). Ursprünglich für die ganze Zellsubstanz als Bezeichnung gebraucht, muss dieser Begriff jetzt wesentlich in seiner Verwendung beschränkt werden auf den hier näher zu charakterisierenden Zellteil. Das Protoplasma stellt sich dar als ein Netzwerk feinster Fäden, die enge Maschen bilden und den ganzen Zellleib mit Ausnahme der Kernpartie einnehmen. Andere Namen sind dafür: Filarmasse oder Mitom (Flemming), Spongioplasma (Leydig). Innerhalb des Protoplasma findet aber noch eine weitere Differenzierung statt. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass, bald näher bald entfernter vom Kerne gelagert, das Protoplasma in grösserer oder geringerer Ausdehnung ein dichteres Gefüge hat als in den übrigen Partieen und dass inmitten dieser dichteren Stelle ein kugeliger, im mikroskopischen Bilde kreisrund begrenzt erscheinender Körper gelegen ist. Diesen Körper, an dem eine weitere Struktur nicht wahrzunehmen ist, nennt man Centralkörperchen oder Centrosoma, die ihn umgebende dichtere Protoplasmamasse wird Attraktionssphäre geheissen. Beide spielen bei der Teilung der Zellen, wie noch zu zeigen sein wird, eine hervorragende Rolle. Nicht in allen Körperzellen hat man bis jetzt Centrosoma und Attraktionssphäre nachweisen können, am deutlichsten erscheinen sie in den Hodenzellen, von denen die obige Schilderung entnommen ist. Hier ist, wie man das namentlich an den Hodenzellen von Salamandra maculosa deutlich erkennen kann, das Centrosoma von bedeutendem Umfange; die Attraktionssphäre erscheint concentrisch um jenes als Mittelpunkt

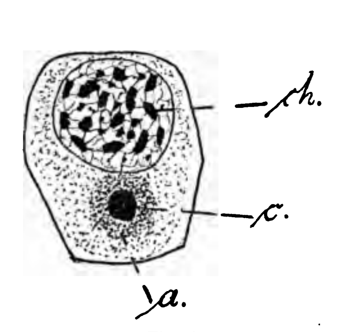
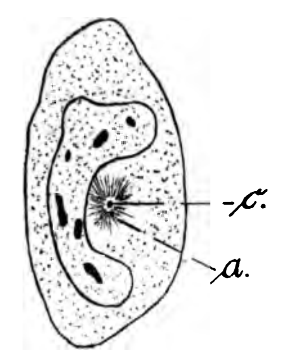
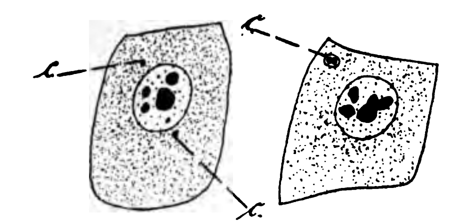


Fig. 7.
Hodenzelle von Salamandra maculosa.
a = Attraktionssphäre, c = Centrosoma, ch = Chromosomen.

gelagert. Nicht überall sind die Verhältnisse die gleichen. In Leukocyten (farblosen Blutkörperchen) z. B. findet man ein kleines Centrosoma und die Attraktionssphäre strahlt sonnenartig von demselben aus. An Leberzellen von der Salamanderlarve beobachtete



Figur 8.
Leukocyt aus dem Peritoneum der Salamanderlarve (nach Flemming).
a = Attraktionssphäre, c = Centrosoma.



Figur 9.
Leberzellen der Salamanderlarve.
c — Centrosoma.

ich einmal zwei Centrosomen, die in dichter Nähe des Kernes aber an entgegengesetzten Polen desselben gelagert waren, ein ander Mal waren zwei Centrosomen vorhanden, welche weit vom Kerne entfernt dicht bei einander fast in eine Ecke der Zelle gedrängt und von einem hellen Hofe umgeben lagen. Beide Male war von einer Attraktionssphäre nichts zu sehen, die Kerne selber zeigten vollkommene Ruhe. Bei Epithel- und Bindegewebszellen sind zwei Centrosomen, ebenfalls bei Ruhezustand des Kernes, beobachtet worden, die in der Nähe des Kernes, ja gewissermaassen auf ihm in einer Einbuchtung der Kernmembran gelegen waren. An Pigmentzellen (vom Hecht) ist nur die strahlenförmige Attraktionssphäre, nicht aber das Centrosoma gesehen worden.

Sind auch die Beobachtungen über das Vorkommen und die Gestaltung von Attraktionssphäre und Centrosoma z. Z. noch nicht weit genug geführt, um ein abschliessendes Urteil über die Bedeutung dieser Bildungen nicht bloss für die Struktur, sondern auch für die Funktionen der Zelle fällen zu können, so lehren doch die bisherigen Erfahrungen, namentlich die bei Furchung der befruchteten Eizelle gewonnenen, dass hier ein für das Zellenleben ungemein wichtiges Organ des Elementarorganismus vorhanden ist. Wahrscheinlich haben alle Zellen des Körpers Centrosoma und Attraktionssphäre, die beide wohl als ein Organ zu betrachten sind, und die sowohl die Funktion

wie auch die Nutrition der Zelle und damit des ganzen Organismus beherrschen.

Der zweite Bestandteil der Zellsubstanz ist derjenige, welcher in den Maschen des vom Protoplasma gebildeten Netzes gelegen ist; man bezeichnet ihn als Interfilarsubstanz oder Paramitom (Flemming), Paraplasma (Kupffer), Hyaloplasma (Leydig). Da, wo das Protoplasma am besten und deutlichsten hervortritt, ist auch das Paraplasma am klarsten entwickelt, nämlich in den Ganglienzellen und Drüsenzellen. Für die Thätigkeit der Zellen, für die Funktion, hat dieser Bestandteil offenbar nur sekundäre Bedeutung, er bildet wahrscheinlich das Nährmaterial für den ersten, denn alle Differenzierungen der Zellen nehmen ihren Ursprung im Protoplasma, aber nicht im Paraplasma.

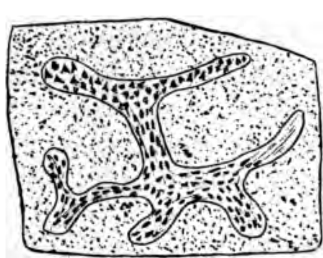
Den Zellen eingelagert finden sich Produkte ihres Stoffwechsels in Form von Fetttropfen, Pigmentkörnern, Eleidin, Dotterplättchen, Glykogenkörnern; letztere in manchen Drüsen.

In jüngster Zeit ist eine Auffassung vom Bau der Zelle aufgetaucht, die hier noch kurz erwähnt werden muss, es ist die Granulartheorie von Altmann. Nach derselben, die sich auf Beobachtungen stützt, die mit besonderen, nicht ganz einwandsfreien Methoden gewonnen wurden, besteht der Zellleib aus zahlreichen Granulis und einer zwischen denselben gelegenen Masse. Diese Granula, Bioblasten wie sie Altmann nennt, sollen die wahren Elementarorganismen sein. Dieselben entsprechen dem Paraplasma der herrschenden Theorie, während die nebensächliche Zwischensubstanz dem Protoplasma gleichwertig ist: es werden die Verhältnisse durch diese neue Theorie also geradezu umgekehrt. Es scheint nicht, dass die von Altmann angeführten Beobachtungen die weiter oben vorgetragenen, allgemein angenommenen Anschauungen zu verdrängen geeignet sind, denn es widersprechen dieselben dem, was das Studium lebender oder überlebender tierischer Zellen lehrt. Man kann an letzteren wohl die Scheidung in Protoplasma und Paraplasma wahrnehmen und verfolgen, namentlich an Ganglienzellen, wie das erstere in die besonderen Differenzierungen sich fortsetzt: aber niemals sieht man an überlebenden Teilen die Altmann'schen Granula Das Gleiche gilt auch von den Kerngranulis.

Der Kern oder Nucleus (Karyon mit griechischer Bezeichnung) ist das zweite Organ der Zelle, das eine hervorragende Rolle in deren Leben spielt. Stets oder fast stets wird der Kern durch eine besondere Membran, die Kernmembran, gegen die Zellsubstanz abgeschlossen; doch deuten die Erfahrungen, die man namentlich

beim Studium der sich beim Sekretionsvorgange abspielenden Erscheinungen gewonnen hat, darauf hin, dass dieser Abschluss kein hermetischer ist. Vielmehr übt der Kern auf die Thätigkeit der Zellen (Sekretion, Ernährung) einen bedeutenden, wahrscheinlich regulatorischen Einfluss. Er verkleinert sich z. B. bei der Umwandlung der Zellsubstanz der Drüsen in Sekret und vergrössert sich wieder pari passu mit den sich regenerierenden Zellen; bei der Reifung der Eier (Insekten) wandert der Kern sogar unter Aussendung von Fortsätzen nach der Richtung hin, in der die Nahrungsaufnahme der Zelle statt hat.

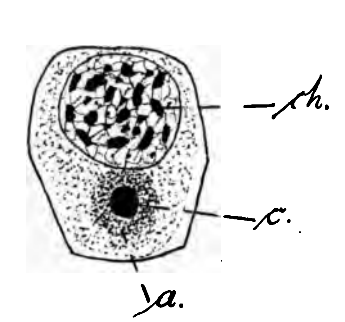
Die Grösse des Kernes entspricht im allgemeinen der der Zellen, es haben also die grössten Zellen (Eizellen, Ganglienzellen) auch die grössten, und die kleinsten Zellen auch die kleinsten Kerne. Die Lage des Kernes innerhalb der Zellsubstanz ist eine verschiedene; meistens findet er sich central, häufig, besonders in cylindrisch oder kegelförmig gestalteten Zellen, ist er der Basis der Zelle, d. h. demjenigen Theile, welcher auf der Grundlage aufruht, genähert, zuweilen aber auch in der Nähe des freien Teiles gelegen. Die Gestalt ist eine kugelige oder ovoide, gelegentlich platte, stäbchenförmige; in den Zellen der Spinndrüsen der Insekten trifft man verästigte Kerne. Für gewöhnlich haben die Zellen nur einen Kern, manchmal sind auch zwei vorhanden; in den Riesenzellen, welche sich im Knochenmarke und an anderen Stellen finden, sind sehr zahlreiche, aber kleine Kerne anzutreffen.



Figur 10.
Zelle aus der Spinndrüse der Raupe von Pieris brassicae (nach Korschelt).

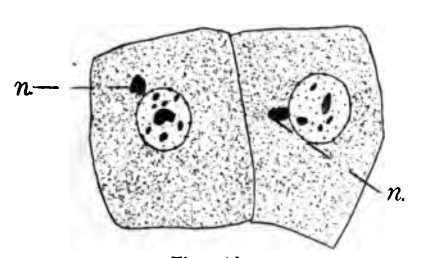
Die Kerne bestehen aus fünf verschiedenen Substanzen, die sich chemisch von einander unterscheiden. Die wichtigste Substanz, welche namentlich bei der Kernteilung in den Vordergrund tritt, ist das Nuclein oder die chromatische Substanz. Den letzteren Namen hat sie deswegen erhalten, weil sie eine grosse Affinität zu Farbstoffen, besonders den basischen Anilinen, besitzt. Durch die intensive Tinction, die sie in den letzteren annimmt, beherrscht sie im allgemeinen das mikroskopische Bild, welches der Kern darbietet. Das Nuclein (Chromatin) erscheint, wenn Kern und Zelle in Ruhe, d. h. nicht in Teilung begriffen sind, in Form von Fäden oder unregelmässig gestalteten Körnern, den sogenannten Chromosomen. Je nach der Tierspecies, welche man untersucht, ist auch die Zahl der Chromosomen eine verschiedene; bei Insekten ist nur ein

einziger Chromatinfaden vorhanden, bei anderen Tieren zwei, vier und zahlreiche. Möge nun das Nuclein in Form von Fäden oder aus Körnern bestehend erscheinen, stets ist dasselbe durch zarte, in den basischen Anilinen sich für gewöhnlich nicht färbende Stränge einer zweiten Substanz zu einem mehr oder weniger weiten Netze verbunden; diese zweite Substanz ist das Linin. Dasselbe hat eine nicht minder hervorragende Rolle bei der Kernteilung, wie das Nuclein; darüber ist später noch weiter zu handeln. Die Stränge des Linin sind zu einem zarten Netze verflochten, soweit nicht in ihren Verlauf die Chromosomen eingebettet sind. In den Maschen dieses Netzes ist die dritte den Kern zusammensetzende Substanz enthalten, der sogenannte Kernsaft. Wie der Name besagt, ist diese Substanz flüssiger Natur und verhält sich zu den übrigen Kernbestandteilen wahrscheinlich ebenso, wie sich das Paraplasma zum Protoplasma verhält; sie hat also im Wesentlichen die Bedeutung eines Nährstoffes. Die vierte Substanz ist das Paranuclein und diese ist durch die bereits erwähnten Kernkörperchen oder Nucleoli repräsentiert. Das Paranuclein unterscheidet sich vom Nuclein zunächst dadurch, dass es in all' den chemischen Reagentien, durch welche das letztere angegriffen oder zerstört wird, intakt bleibt, und ferner dadurch, dass seine Verwandschaft zu Farbstoffen eine andere ist. Es färbt sich z. B. in ammoniakalischem Karmin intensiv, während das Nuclein dieses Mittel nur wenig annimmt. Die fünfte Substanz endlich ist das Amphipyrenin. Dasselbe ist ausschliesslich in der Kernmembran abgelagert.



Figur 11.
Hodenzelle von Salamandra maculosa.
a = Attraktionssphäre, c = Centrosoma, ch = Chromosomen.
Man sieht hier sehr deutlich das die Chromosomen verbindende Liningerüst.

In Samen- und Drüsenzellen hat man einen Körper kennen gelernt, der meist dicht am Kern gelegen ist und als Nebenkern nicht ganz passend bezeichnet wird. In den Leberzellen der Salamanderlarve fand ich häufig je einen Nebenkern, dem Kern dichtaufliegend. Derselbe hatte verschiedene Gestalt und war genau in derselben Nüance gefärbt, wie



Figur 12.
Zwei Leberzellen von der Salamanderlarve.
n = Nebenkern.

die Chromosomen des Kernes. Mit dem Centrosoma der Attraktionssphäre ist dieses Gebilde sicher nicht identisch, welche Bedeutung aber demselben zukommt und ob es überhaupt ein integrierender Bestandteil der Zellen ist, darüber ist z. Z. noch keine bestimmte Entscheidung zu fällen.

Der letzte unwesentlichste Bestandteil wenigstens der tierischen Zellen ist die Zellmembran. Dieselbe, wo sie vorkommt, ist meist zart, zuweilen aber zeigt sie eine deutliche Schichtung und ist dann sehr fest. Am häufigsten trifft man sie an den reifen Eiern und an Knorpelzellen.

Zellsubstanz und Kern, die beiden Hauptorgane der Zelle, sind also morphologisch und physiologisch verschiedenartige und chemisch verschieden strukturierte Gebilde. Diese Differenz prägt sich besonders scharf im mikroskopischen Bilde aus, wenn man gleichzeitig zwei verschiedene Farbstoffe angewendet hat. Der Kern hat, wie bereits erwähnt, eine grosse Neigung, sich in basischen Anilinen zu färben, während die Zellsubstanz diese Stoffe abweist. Letztere dagegen tingiert sich intensiv mit sauren Anilinen (Eosin, Orange), gegen welche sich der Kern ablehnend verhält; nur das Paranuclein (das Kernkörperchen) zeigt ein ähnliches Verhalten wie die Zellsubstanz.

Die Lebensäusserungen der Zellen.

§ 6. Ernährung, Wachstum, Bewegung und Fortpflanzung, so wurde früher auseinandergesetzt, sind die vier Grundeigenschaften des tierischen Lebens. Es ist nunmehr, nachdem der Bau der Zellen besprochen ist, an der Zeit darzuthun, wie diese vier Eigenschaften sich an den Zellen äussern.

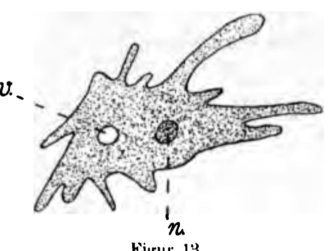
Dass Ernährungsvorgänge in den Zellen statthaben müssen, kann keinem Zweifel unterliegen. Da alles Geschehen im Organismus an die Thätigkeit der Zellen geknüpft ist, und da Thätigkeit stets einher geht mit Stoffverbrauch, so muss ein Ersatz der verbrauchten Substanzen durch neu zugeführte stattfinden. Wie im einzelnen dieser Ersatz erfolgt, in welcher Weise die Zelle diejenigen Stoffe, welche ihr durch den Kreislauf aus der vom Organismus aufgenommenen Nahrung zufliessen, in eine der eigenen (cellularen) Zusammensetzung entsprechende Modifikation bringt: darüber ist noch nichts bekannt. Überhaupt ist eine Cellularphysiologie im engeren und weiteren Sinne — im engeren, als die Kenntniss der zur Erhaltung der Zellenintegrität notwendigen inneren Vorgänge; im weiteren: als die Kenntniss der Äusserungen cellularen Lebens in den Erscheinungen des individuellen tierischen Lebens — noch immer ein Postulat der

Wissenschaft. Wir können in manchen Fällen auf eine Ernährung der Zellen schliessen durch Zustände, die wir bei der mikroskopischen Beobachtung antreffen. In den Zellen ist, wie bereits erwähnt, Pigment oder Fett oder Eleidin vorhanden und diese Substanzen sind Resultate eines Stoffwechselprozesses. Es giebt Organe im Körper, die sogenannten Drüsen (Speicheldrüsen, Magendrüsen, Leber, Giftdrüsen etc.), welche besondere für die Erhaltung des Organismus mehr oder minder wichtige Flüssigkeiten liefern. Diese letzteren sind das Resultat cellularer Thätigkeit, bei ihrer Hervorbringung wird ein Teil, oft der grösste, der Zellsubstanz verbraucht: es muss also die erschöpfte Drüsenzelle sich erholen, regenerieren, und sie kann das nur, wenn sie in sich aus dem Kreislaufe Substanzen aufnimmt und assimiliert, wenn sie sich also ernährt. Und erneut in Aktion, d. h. in sekretorische Thätigkeit kann eine Drüsenzelle erst wieder treten, wenn sie ihre individuell normale Grösse erreicht hat. Es wird später in einem besonderen Abschnitte von den sogenannten Intercellularsubstanzen die Rede sein; auch diese werden von den Zellen hervorgebracht und zu ihrer Produktion bedürfen die Zellen der Nahrungsaufnahme.

Mit der Ernährung ist selbstverständlich auch, bis zu einem gewissen Alter wenigstens, ein Wachstum verbunden. In dem oben durchgeführten Beispiele von den Drüsenzellen bedeutet der Ausdruck, dass die erschöpfte Zelle ihre individuelle normale Grösse erlangen muss, ehe sie wieder in Thätigkeit tritt, nichts anderes, als dass die Zelle durch die Nahrungsaufnahme heranwächst. Ein solches Wachsen, ein Grösserwerden der Zellen ist im embryonalen und jugendlichen Organismus unzweifelhaft vorhanden, und zwar ein Wachsen durch Ernährung (Wachstum durch Nutrition nach Virchow), d. h. durch Assimilation von Nahrung. Im reifen Organismus wachsen die Zellen nicht mehr, sie erhalten sich auf ihrem status quo und die Funktionen des Körpers nehmen eine andere Richtung; hierüber geben die physiologischen Lehrbücher den nötigen Aufschluss. Das Wachstum der Zellen ist bei den Protozoën und bei den Eiern der höheren Tiere ein allseitiges, bei den übrigen Zellen der letzteren nur ein einseitiges. D. h. für den letzteren Fall: die Zelle, die nicht mehr allseitig frei ist, sondern mit einer Seite in mehr oder minder deutlicher Weise festsitzt, während die dieser entgegengesetzte als freie zu betrachten ist, wächst auch nur nach dieser freien Seite hin; so alle Epithelzellen, die Nerven, Muskeln etc. Das Wachstum betrifft in gleicher Weise Zellsubstanz und Kern, wie das bei dem innigen Zusammenhange beider Bildungen auch selbstverständlich ist.

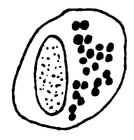
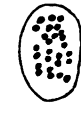
Eine Bewegung der Zellen, eine Veränderung des Ortes, finden wir nur bei wenigen Körperzellen der höheren Tiere und bei allen Protozoën.

Die Amöben, die eine Klasse im Typus der Protozoën bilden, senden aus ihrem plasmatischen nackten Leibe unregelmässig gestaltete, stumpfe, kurze, lappige Fortsätze aus, die allmählig den ganzen Körper nach sich ziehen. Durch diese Fortsätze ist das Tier in die Lage versetzt, eine Ortsveränderung vorzunehmen, aber auch zugleich im Stande, geformte Nahrungsteile seinem Inneren einzuverleiben.



Figur 13.
Amöba proteus, in Bewegung.
n Nucleus, v = Vacuole.

Diese Form der Bewegung zeigen im Körper der höheren Tiere, namentlich der Vertebraten, nur die Leukocyten, Gebilde, deren noch näher bei Besprechung des Blutes zu gedenken sein wird, und die sogenannten Ureier, d. h. die unreifen im Eierstocke noch vorhandenen Eier. Namentlich die Bewegung der ersteren gleicht ganz und gar der der Amöben; auch sie senden kurze, stumpfe, gelegentlich auch spitze Fortsätze aus, vermittelst deren sie ihren Ort in den Geweben langsam verändern. Diese Übereinstimmung beider Bewegungen war daher die Veranlassung, die Ortsveränderung der Leukocyten als amöboide Bewegung zu bezeichnen. Und wie die Amöben in Folge der ausgestossenen Fortsätze, der Pseudopodien, geformte Nahrung in sich aufnehmen können, so trifft man auch bei den Leukocyten eine Aufnahme geformter Substanzen durch die Pseudopodien in das Zellinnere. Man hat experimentell feststellen können, dass feine Partikel von aufgeschwemmter Tusche oder von Karmin in das Innere der Leukocyten auf diese Weise hineingelangen. Von Wichtigkeit dürfte diese Eigenschaft der genannten Gebilde für pathologische Prozesse sein, denn es lässt sich beobachten, dass die Eiterkörperchen, welche mit den Leukocyten identisch sind, Bakterien in dieser Weise in sich aufnehmen. Man hat solche Zellen, weil sie andere, zellähnliche Gebilde verschlingen, als Phagocyten bezeichnet.

Figur 14.
Zwei Eiterzellen aus einem pleuritischen Exsudate einer Katze, welche Diplococcen aufgenommen haben.

Eine andere Form der Bewegung treffen wir bei den Samenfäden, den sogenannten Spermatozoën. Es sind das Gebilde zelliger Natur, welche sich aus dem Verbande der Zellen des Organes, in dem sie entstehen, loslösen und nunmehr sich frei in der Flüssigkeit, in der sie suspendiert sind, bewegen. Diese Be-

wegung gleicht durchaus nicht der der Amöben und Leukocyten, sondern vielmehr derjenigen, die man bei den Flagellaten, ebenfalls einer Klasse des Typus der Protozoën, antrifft. Die Spermatozoën, über deren feineren Bau später zu sprechen sein wird, bewegen sich mittelst der Schwingungen eines Geisselfadens vorwärts; sie unterscheiden sich nur dadurch von den Flagellaten, dass bei ihnen die schwingende Geissel an dem hinteren Ende der Zellen sitzt, bei diesen dagegen am vorderen.

Nur in uneigentlichem Sinne ist eine Erscheinung als Bewegung aufzufassen, die aber hier noch Erwähnung finden soll. Hinter der Netzhaut des Auges der Wirbeltiere, in derselben bei Wirbellosen, befindet sich Pigment, das bei Vertebraten an bestimmte Zellen gebunden ist. Ist das Auge dem Lichte ausgesetzt, so umhüllen die Pigmentzellen mit ihren Fortsätzen die sogenannten Stäbchen und Zapfen der Retina. Wenn dagegen das Tier eine längere oder kürzere Zeit im Dunkeln verweilt hat, dann sind die Stäbchen und Zapfen pigmentfrei. Es hat bei diesem Vorgange aber nicht eine Einziehung der Fortsätze der Pigmentzellen stattgefunden, sondern das Pigment, also ein Stoffwechselprodukt, ist aus den Fortsätzen nach dem Zellkörper hingewandert. Es ist also hier keine Bewegung der Zellen, sondern eine Bewegung des Zellinhaltes zu konstatieren.

Nicht unter den Begriff der Zellbewegung fallen Blut- und Muskelbewegung. Die Blutbewegung darum nicht, weil sie keine primäre, sondern als eine sekundäre, dem Blute durch die Kontraktilität bezw. Elastizität der Gefässwände mitgeteilte zu betrachten ist; die Muskelbewegung nicht, einmal weil durch dieselbe keine Ortsveränderung der sich bewegenden Gebilde veranlasst wird, und dann weil die Muskeln, wenigstens die quergestreiften, erst Produkte der Zellthätigkeit sind.

Es mögen hier sich noch einige Bemerkungen über die Lebensdauer der Zellen anschliessen. Die verschiedenen Zellen des tierischen Körpers sind in ganz verschiedener Weise im Stande, im Organismus auszuhalten. Die Zellen aller epidermoidalen Bildungen sind sehr kurzlebig; stets werden die obersten Schichten abgestossen und stets durch neue, von unten aufrückende Zellen ersetzt. Ebenfalls kurzlebig sind die Eier und die Samenfäden; beide Zellarten, die in besonderen Organen entstehen, müssen aus dem Organverbande ausscheiden, sollen sie ihrer physiologischen Bestimmung — dieser Ausdruck ist nicht in teleologischem Sinne zu verstehen — zugeführt werden. Aus der Vereinigung von Samen und Ei entsteht

ein neuer Organismus; hat aber eine solche Vereinigung nicht stattgefunden — und dies trifft für die meisten Eier und Samenfäden zu —, dann gehen die betreffenden Zellen zu Grunde. In diesem Sinne kann man sagen, dass die Zellen der Hoden und Eierstöcke nur von kurzer Lebensdauer sind. Langlebiger sind die Zellen der drüsigen Organe. Zwar ist für dieselben wiederholt behauptet worden, dass ihre physiologische Thätigkeit jedesmal zugleich ihren Untergang zur Folge habe, doch ist diese Behauptung in nur sehr bedingtem Grade richtig. Weitaus die meisten Drüsenzellen, selbst die der Milchdrüse, sind ziemlich langlebige Gebilde, d. h. sie können zu wiederholten Malen — wie oft, das ist nicht bekannt — in sekretorische Thätigkeit treten und sich immer wieder durch Aufnahme von Nahrungssubstanzen regenerieren. Für die gegenteilige Behauptung sind stringente Beweise kaum je beigebracht worden, wohl aber haben wiederholt genaue mikroskopische Untersuchungen die relative Langlebigkeit der Drüsenzellen erwiesen. Eine relative allerdings nur, denn thatsächlich gehen auch die Drüsenzellen nach längerer Thätigkeit zu Grunde und werden durch neu nachwachsende ersetzt.

Viel langlebiger als die Drüsenzellen sind die Muskel- und Nervenzellen, doch findet auch hier ein allmähliger Ersatz verbrauchter Gebilde statt.

Ob die Zellen des Centralnervensystems und die Sinneszellen je eines Ersatzes bedürfen, ist sehr fraglich. Beobachtungen hierüber liegen meines Wissens nicht vor, vielmehr drängt alles zu der Annahme, dass diese Gebilde während des ganzen individuellen Lebens des betreffenden Tieres ausdauern.

Diese wenigen Bemerkungen mögen genügen; durch dieselben ist ein Thema gestreift worden, dessen Diskussion einst viel Raum in der Wissenschaft beansprucht hat, das Thema von der Mauserung des Organismus. Nach dem gegenwärtigen Standpunkte unseres Wissens müssen wir sagen, dass nur wenige cellulare Elemente sehr kurzlebig sind, dass den meisten sicher eine lange Lebensdauer zukommt, die bei manchen wohl der des ganzen tierischen Körpers gleichkommt.

Zellteilung.

§ 7. Von den vier Grundeigenschaften des Lebens ist für die Zelle noch die letzte zu betrachten, die Fortpflanzung.

Unter Fortpflanzung, so haben früher Häckel und Gegenbaur diese Erscheinung definiert, ist das Wachstum des Organismus über sein individuelles Maass hinaus zu verstehen. Auf die Erscheinungen

der Fortpflanzung, wie sie sich im Tierreiche darbieten, näher einzugehen, ist hier nicht der Ort; für die Zelle würde die obige Definition Folgendes besagen: Wenn durch Aufnahme und Assimilation von Nahrung die Zelle eine bestimmte, der jedesmaligen Individualität angemessene Grösse erreicht hat, und wenn das Plus an neu hinzutretenden Nährsubstanzen nicht durch eine besondere, einen regelmässigen Stoffverbrauch erfordernde Funktion ausgeglichen wird, dann muss dass Zellindividuum sich fortpflanzen. Und Fortpflanzung heisst bei der Zelle: Teilung. Die Zelle teilt sich, d. h. aus einer entstehen zwei oder mehr, eine Mutterzelle erzeugt eine Tochterzelle.

Im Anfange der histologischen Wissenschaft, durch die Entdecker der Zelle, wurde die Theorie der freien Zellbildung aufgestellt. Man nahm an, dass in einem protoplasmatischen Stoffe, dem sogenannten Cytoblastem, durch allmählige Concentration der Molekel Zellkern, Zellsubstanz und Membran entstünden. Man könnte fast diese Auffassung vergleichen mit der kosmogonischen Theorie von Kant-Laplace, wonach in einem Urnebel durch Concentration die Sonne mit ihren Planetensystemen sich gebildet hat. Indessen die Theorie stand auf schwachen Füssen, denn nirgends war ihr entsprechend wirklich der Vorgang der Zellbildung beobachtet worden. Genaue, sorgfältigste Untersuchungen hatten vielmehr gezeigt, dass überall im Körper eine Zelle nur aus einer Zelle hervorgeht und der Ausspruch von R. Virchow: „omnis cellula e cellula“ hat unbeschränkte und unbedingte Giltigkeit für alle zelligen Gebilde des tierischen Organismus. Nirgends findet eine freie Zellbildung statt, keine Zelle im Körper ist vorfahrenlos. Und wie für die Zelle, so wurde später auch für den Kern der Nachweis erbracht, dass derselbe immer von einem bereits vorhandenen oder vorhanden gewesenen Kerne herstamme, so dass Flemming den obigen Satz vervollständigen konnte durch den Ausspruch: „omnis nucleus e nucleo.“

Aber wohl gemerkt, es gelten diese beiden Sätze nur für die gegenwärtige Organismenwelt, jedoch nicht, wenn man sich über die Frage der Entstehung des Lebens auf Erden überhaupt klar werden will. Ist die kosmogonische Theorie von Kant-Laplace richtig, dann hat es einmal auf Erden eine Zeit gegeben, wo Leben in Folge der besonderen Temperaturverhältnisse nicht existieren konnte, und es musste demnach eine Zeit eintreten, zu der sich Leben bilden konnte. Damals, zur Zeit der Urzeugung oder Archigonie, ist tierische Substanz, Moneren oder Amöben, vorfahrenlos geworden und auf jene Zeit passen obige Sätze daher nicht. Ob unter den gegen-

wärtigen Verhältnissen auf Erden noch Archigonie stattfindet, das zu erörtern ist hier nicht der Ort.

Als Fortpflanzung der Zelle kann nur derjenige Vorgang betrachtet werden, als dessen Resultat zwei Zellindividuen erscheinen; wo dagegen eine blosse Kernvermehrung ohne Zellvermehrung statt hat, wo also eine einkernige zu einer zwei- oder mehrkernigen Zelle wird, kann füglich nicht von Fortpflanzung geredet werden. Die Teilung (Fortpflanzung) der Zellen erscheint unter zwei Formen, die z. Z. noch scharf auseinander gehalten werden, unter der Form der a) indirekten und b) direkten Teilung.

a) Indirekte Zellteilung.

Man bezeichnet diese Form auch als Mitose (Flemming), Karyokinese (Schleicher) oder Teilung durch Kernsegmentierung (O. Hertwig). Es treten bei diesem Modus der Zellteilung die Vorgänge innerhalb des Kernes derartig in den Vordergrund, dass sie das mikroskopische Bild völlig beherrschen. Es hängt dies mit der Erscheinung zusammen, dass das Nuclein, das im ruhenden, d. h. sich nicht teilenden oder zur Teilung sich anschickenden Kerne zerstreut in den Maschen des Lininnetzes liegt, sich in voluminöse Fäden gruppiert, die in noch höherem Maasse, als dies bisher der Fall war, Farbstoffe aufnehmen. Das Überwiegen der Kernvorgänge ist ein so grosses, dass die in der Zellsubstanz sich abspielenden Prozesse für die Betrachtung zunächst in den Hintergrund gedrängt werden, und das um so mehr, als diese letzteren Prozesse auch durch Färbemittel nicht so deutlich zu machen sind, wie die am Kern. Vielleicht mit durch diesen Umstand ist es gekommen, einmal, dass die Kernteilung viel besser und genauer bekannt ist als die Teilung der Zellsubstanz, und dann, dass man in der theoretischen Verwertung die Kernvorgänge bedeutend, wenigstens meines Erachtens, überschätzt. Es sollen in Folgendem, um die Darstellung übersichtlicher zu erhalten, zuerst die Teilungsvorgänge am Kerne und dann die am Zellleibe besprochen werden.

Kernteilung.

1. Stadium. Die Chromosomen des ruhenden Kernes, welche unregelmässig in dem Lininnetze verteilt sind, wie man dies in den Samenmutterzellen von Salamandra maculosa ausgezeichnet sehen kann (cfr. Figur 11), ordnen sich allmälig zu dicken, gewundenen Fäden, deren Oberfläche durch vorspringende Nucleinpartikel rauh und zackig erscheint. Gleichzeitig mit dieser Umordnung der Nuclein-

elemente verschwinden die Nucleolen (Paranuclein); est ist noch nicht definitiv festgestellt, ob dieselben sich dem Nuclein beimischen oder welches ihr Schicksal sonst ist. Allmählig werden die Chromatinfäden, die sogenannten chromatischen Segmente, glatt, sie beginnen sich mehr der Peripherie des Kernes entlang zu strecken und bilden dadurch, dass sie in Windungen liegen, den dichten Knäuel (Spirem). Nach dieser Erscheinung ist das ganze Stadium auch als Spiremstadium bezeichnet. Allmählig werden die Windungen weiter, der dichte Knäuel wird zum lockeren Knäuel, zu welcher Zeit man bereits in einzelnen Chromosomen (Chromatinfäden) eine Längsspaltung sehen kann. Nunmehr beginnen sich die Chromosomen gegen eine bestimmte Stelle der Kernoberfläche zu orientieren



Figur 15. Samenmutterzelle von Triton cristatus. *ch* = Chromosomen.

Figur 16. Samenmutterzelle von Triton cristatus. Lockerer Knäuel; einzelne Chromosomen zeigen Längsspaltung.

Figur 17. Samenmutterzelle von Triton cristatus. *p* = Polfeld (cfr. Text).

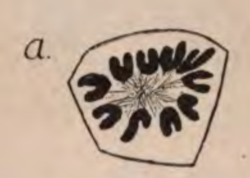
und zwar so, dass sie Schleifengestalt annehmen und mit den Umbiegungsstellen der Schleifen nach dieser Stelle sich hinwenden, während die freien Enden der Chromosomenschleifen nach der genau entgegengesetzten Richtung liegen. Jene Stelle, nach welcher hin die Schleifen konvergieren, ist das Polfeld, die entgegengesetzte Seite ist die Gegenpolseite. Um diese Zeit zieht sich der geformte Kerninhalt von der Kernmembran etwas zurück.



Figur 18. Epidermiszelle vom Axolotl (Mutterstern). Die Kernspindel füllt den Kernraum nicht ganz aus, welcher scharf gegen die Zellsubstanz abgegrenzt ist.

2. Stadium. Nunmehr nehmen die Chromosomenschleifen, während gleichzeitig die Kernmembran schwindet, eine neue Lagerung innerhalb der Zelle ein. Wahrscheinlich unter dem richtenden Einflusse eines aus zarten Fäden bestehenden spindelförmigen Gebildes, das, weil es Farbstoffe gar nicht oder nur schwach annimmt, als achromatische Spindel bezeichnet wird und das zum Teil aus den Lininfäden des Kernes

besteht, ordnen sich die Chromosomenschleifen so an, dass sie mit ihrer Umbiegung gegen die Mitte der Spindel, mit den freien Enden gegen die Zelloberfläche sich richten. Nicht überall ist diese Anordnung deutlich, oft sind die Winkel, welche die Schleifen einschliessen, so stumpf, dass bei Betrachtung der Figur im optischen Längsschnitte, in welchem Falle die freien Enden dem Beobachter zugekehrt sind, die Schleifen wie gerade Bänder aussehen. In manchen Fällen, namentlich in den Samenmutterzellen bei Salamandra, trifft man in diesem Stadium eine sehr unregelmässige Verteilung der Chromosomen parallel der Längsrichtung der Spindel. Betrachtet man, wozu man beim Studium von Schnitten ja hinreichend Gelegenheit hat, dieses Stadium von oben, d. h. von dem Pole der Spindel, so sieht man die Chromosomen um die achromatische



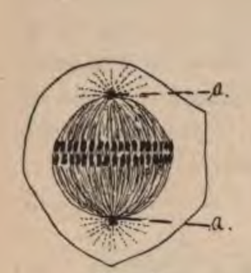


Figur 19.
Mutterstern von oben betrachtet; a) Samenmutterzelle von Triton cristatus, b) Knorpelzelle aus dem Finger einer Salamanderlarve; hier ist die Längsteilung der Chromosomen sehr deutlich.

Figur als Kreis angeordnet und die freien Enden der Schleifen wie Strahlen eines Sternes gegen die Oberfläche der Zelle gerichtet. Man hat diese Figur als Mutterstern oder Aster bezeichnet. Zur Zeit des Muttersternes findet die Längsteilung der Chromosomen ihr Ende. Dieser wichtige Vorgang besteht darin, dass die Chromosomen durch einen feinen Längsspalt, der genau durch ihre Mitte geht, in zwei vollkommen kongruente Hälften, die Tochtersegmente, zerfallen, welche dazu bestimmt sind, die Chromosomen der Tochterkerne zu werden. Nicht in allen Zellen ist die achromatische Spindel deutlich zu erkennen, am besten sieht man sie in den Samenmutterzellen, nicht minder gut ausgeprägt habe ich sie in Epidermiszellen angetroffen, während sie in anderen Körperzellen wenig oder gar nicht sichtbar ist. Hierbei sei parenthetisch erwähnt, dass bei vielen Wirbellosen nicht wie bei allen Vertebraten die Chromosomen in Form von Fäden oder Schleifen, sondern als kurze dicke Stäbchen erscheinen.

3. Stadium. Jetzt beginnen die Chromosomen auseinander zu weichen. Die Tochtersegmente, die wie die Muttersegmente

Schleifenform haben, richten sich so, dass die eine Hälfte derselben nach dem einen, die andere nach dem anderen Pole wandert, und zwar die Biegungen der Schleifen voraus. Man hat jetzt den sogenannten Doppelstern oder Dyaster. In der Nähe der Pole der achromatischen Spindel finden sich die Tochtersterne; jede



Figur 20.
Samenmutterzelle von Astacus fluviatilis.
a = Attraktionssphären.
Die Zweiteilung der stäbchenförmigen Chromosomen ist beendet.



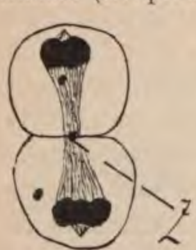
Figur 21.
Samenmutterzelle von Salamandra maculosa.
a = Attraktionssphäre mit Centrosoma.
Auseinanderweichen der Tochtersegmente der Chromosomen.



Figur 22.
Epidermiszelle vom Axolotl.
Dyasterform.

Schleife derselben ist dem Pole, die freien Enden der Mitte der Zelle zugekehrt, die Mitte selber aber von Chromosomen frei. Indessen nicht in allen Zellen ist dieses Stadium, das der sogenannten Metakinese, in gleicher Deutlichkeit wahrnehmbar. Auch hier zeigen die Samenmutterzellen von Salamandra manche Abweichung.

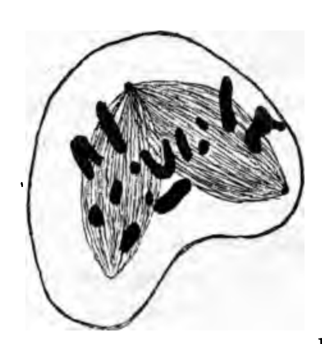
4. Stadium. Im letzten Stadium der Kernteilung rücken die Tochtersegmente immer weiter auseinander, bilden allmälig einen Knäuel (Dispirem), dessen Fäden nach dem Pole zu, an dem sich eine Delle, das neue Polfeld, zeigt, konvergieren. Die Verbindungsfäden, welche zwischen den Tochterknäueln ausgespannt sind, reissen, zum Teil noch ehe die Zelle selber sich geteilt hat, durch und so sind aus einem Mutterkerne zwei Tochterkerne entstanden. Diese kehren zur Ruhe zurück, wachsen durch Nahrungsaufnahme zu bedeutenderer Grösse heran und beginnen erst dann, unter den nötigen physiologischen Vorbedingungen, sich von neuem zu teilen. Nur bei den Samenmutterzellen beginnt sofort, ohne dass sich ein Ruhestadium ausbildet, eine neue Teilung, eine Thatsache, die theoretisch von grosser Bedeutung ist.



Figur 23.
Samenmutterzelle von Salamandra maculosa. Dispirem.
z = Flemming'scher Zwischenkörper.

Der oben kurz geschilderte Verlauf der Kernteilung erleidet

unter abnormen Bedingungen manche Abänderung, die namentlich die Zahl der achromatischen Spindeln betrifft. In pathologischen Gebilden, unter künstlichen, d. h. experimentell gesetzten, Bedingungen finden sich zwei und mehr Spindeln vor, die auf die Gruppierung der Chromosomen eine richtende Wirkung ausüben. Aber auch in normalen Organen, in denen die meisten Kernteilungen dem Schema gemäss sich abspielen, trifft man Zellen an, welche zwei und sogar drei Spindeln besitzen, so z. B. nicht selten im Hoden von Salamandra maculosa. Durch diese Mehrzahl der Spindeln wird eine



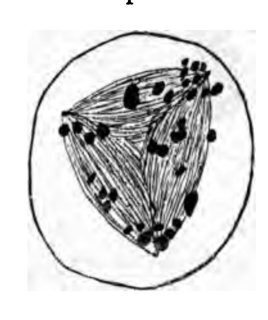


Fig. 24.
Samenmutterzellen von Salamandra maculosa mit zwei und drei achromatischen Spindeln.

hochgradige Verwirrung in der Anordnung der Chromosomen hervorgerufen, so dass dieselben ganz unregelmässig im Kern verteilt sind und eine Rückführung ihrer Gruppierung auf das obige Schema kaum oder gar nicht möglich ist.

Zellsubstanzteilung.

Im zweiten Stadium der Kernteilung tritt, wie erwähnt, ein Schwinden der Kernmembran ein und dadurch ist eine mehr oder minder innige Mischung der Bestandteile von Kern und Zellsubstanz bedingt. Somit ist aber auch ein Einfluss der Vorgänge im Kerne auf die in der Zellsubstanz verbürgt, wenn auch, nach meiner Auffassung, dieser Einfluss nicht ein so übermächtiger ist, wie dies jetzt meistens angenommen und behauptet wird. Eine nähere Betrachtung der Teilung der Zellsubstanz wird dies darthun, wenn auch die theoretische Diskussion dieser Vorgänge erst im nächsten Paragraphen erfolgen soll.

Aus der Besprechung der Zellstruktur ist in Erinnerung, dass im Protoplasma sehr vieler Zellen die sogenannte Attraktionssphäre mit dem Centrosoma vorhanden ist (cfr. Fig. 11). An diesen beiden Bildungen, die, wie bereits bemerkt, als ein Organ zu betrachten sind, verläuft zunächst der Prozess der Teilung.

Es teilt sich nämlich das Centrosoma in zwei gleich grosse Teile, die als Polkörperchen bezeichnet werden. Zwischen ihnen findet sich eine aus Fasern bestehende Brücke, die erste Anlage der Spindel; die aus diesem Vorgange entstehende Figur ist in der Nähe des Polfeldes des Kernes gelegen. Die Spindel wächst allmählig heran, und zwar offenbar aus Bestandteilen der Attraktionssphäre, denn zur Zeit ihrer Entstehung ist der Kern noch durch die Kernmembran von der Zellsubstanz geschieden. Die Spindel rückt dann nach Schwund der Kernmembran allmählig mehr in die Mitte der Zelle und es lagern sich in sie ein — wie ist noch fraglich — jene Spindelfasern, die aus dem Lininqerüste des Kernes herstammen.

Figur 25.
Samenmutterzelle von Salamandra maculosa. Bildung der achromatischen Spindel (nach Hermann).
s = Spindel, a = Attraktionssphären mit Centrosoma.

Die Spindel, die wir in sich teilenden Zellen treffen, bestände nach dieser Auffassung aus zweierlei Elementen verschiedener Herkunft: aus Fäden des Protoplasma und aus Kernfäden (Linin). Gleichzeitig mit dem Anwachsen der Spindel zeigen sich um die Polkörperchen als Centren Strahlungen, die sogenannten Polstrahlungen. Der Rest der Attraktionssphäre ist um die Polkörperchen in radiärer Anordnung arrangiert; es gehen von jenen Körperchen gegen die Zelle,



Figur 26.
Samenmutterzelle von Triton cristatus.
a = Polstrahlungen.



Figur 27.
Epidermiszelle vom Axolotl mit beginnender Zellsubstanzteilung.

abgewandt also von der Spindel, feine wie aus lauter Pünktchen zusammengesetzte Stränge aus, die namentlich an Samenmutterzellen und am sich furchenden Ei deutlich sichtbar sind. Diese Polstrahlungen erhalten sich bis zum Tochterknäuelstadium. Während an Hodenzellen die Grenze zwischen Zellsubstanz und Kern mit dem Schwinden der Kernmembran und dem Auftreten der Polstrahlungen

so vollständig sich verwischt, dass im mikroskopischen Bilde nicht zu entscheiden ist, wo die eine aufhört und der andere anfängt, bleibt z. B. an Epidermiszellen diese Grenze deutlicher. Bei letzteren ist ein anscheinend unveränderter Rest von Zellsubstanz vorhanden, der durch sein dichtes Gefüge (cfr. die Figuren 18 und 22, in denen aber die Beschaffenheit der Zellsubstanz nicht deutlich hervortritt) sich vom Kern unterscheidet, obgleich auch hier die Kernmembran nicht mehr existiert.

Allmählig, wenn die Tochterknäuel sich ausgebildet haben, beginnt die Einschnürung des Zellleibes durch seitliche Einbuchtungen sich kenntlich zu machen. Diese Einbuchtungen treffen genau die Mitte der achromatischen Spindel; in der Querebene der letzteren liegt also die Teilungsebene der Zellen. Manchmal, so an Epidermiszellen, sind die Spindelfasern in diesem Stadium schon durchgerissen und völlig verschwunden; bei den Hodenzellen dagegen bleiben die Spindelfasern noch erhalten, auch dann, wenn bereits die Einschnürung durch die ganze Zelle hindurchgeht. Ob beide Bestandteile der Spindelfasern — protoplasmatische und Lininfäden — hier noch vorhanden sind, oder bloss einer und welcher, das ist z. Z. nicht zu entscheiden.

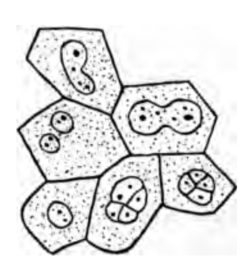
Wenn die Mutterzelle durchgeschnürt ist, dann trifft man, an Hoden- und auch an Bindesubstanzzellen, in der Mitte der Durchschnittsebene, durch die hindurch noch die jetzt eng zusammengefassten Spindelfasern gehen, einen rundlichen Körper, den sogenannten Flemming'schen Zwischenkörper (Figur 23). Derselbe wird von seinem Entdecker, Flemming, als der Zellplatte gleichwertig betrachtet, die bei der Teilung der Pflanzenzellen entsteht. Bei letzteren nämlich bildet sich im Stadium der Tochterknäuel in der Mitte der Mutterzelle ein Gebilde, als Zellplatte bezeichnet, welches die neue Zellmembran darstellt.

Nachdem endlich die Einschnürung durch den ganzen Zellleib hindurch gegangen ist, verschwinden wie die Spindelfasern auch die Polstrahlungen, das Protoplasma kommt zur Ruhe und es sind nunmehr aus einer Zelle zwei, aus einer Mutterzelle zwei Tochterzellen entstanden.

b) Direkte Zellteilung.

Ganz anders wie die bisher beschriebene Form stellt sich der zweite Modus der Zellteilung dar, die sogenannte direkte Zellteilung, die man auch als amitotische Teilung (Flemming) oder Kernzerschnürung (O. Hertwig) bezeichnet. Der wesentliche Unter-

schied von der Mitose besteht darin, dass die Prozesse im Kern in wenig auffälliger Weise ablaufen, dass es nirgend zur Bildung von Chromosomenschleifen, zur Bildung einer Spindel etc. kommt und dass daher alles das, was die Mitose auszeichnet, hier fehlt. Der Kern schnürt sich meist achterförmig ein, ohne dass es bisher möglich gewesen ist, besondere Vorgänge in demselben dabei zu konstatieren; dann reisst der Kern durch und es folgt die Einschnürung und Teilung der Zelle. Oft entstehen aus einem Kerne nicht bloss zwei, sondern vier. Die Vorgänge, die in der Zellsubstanz hierbei ablaufen, sind überhaupt noch nicht bekannt.



Figur 28.
Amitotische Kernteilung in der lymphatischen Randschicht der Leber vom Axolotl.

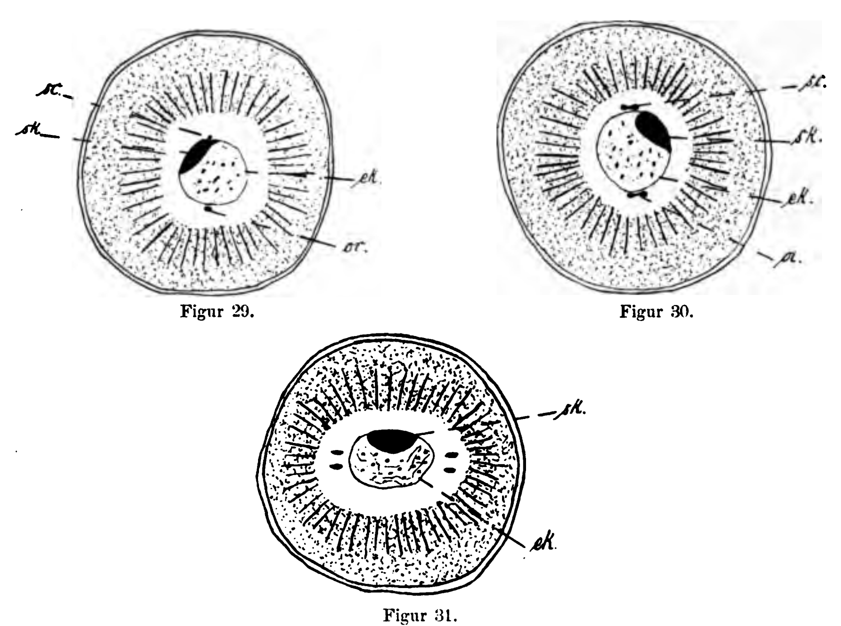
Man hat diesen Modus der Zellvermehrung wesentlich bei Leukocyten und, wie die beigegebene Figur 28 lehrt, in der lymphatischen Randschicht der Amphibienleber beobachtet. Die physiologische Differenz dieses Modus von der Teilung durch Mitose wird darin gesehen, dass man annimmt, die auf amitotischem Wege entstandenen Zellen wären dem Untergange geweiht, zum mindesten wären sie nicht mehr im Stande, sich zu vermehren. Berücksichtigt man die Gebilde, an denen, wie erwähnt, Amitose vorkommt, so hat diese Auffassung viel Wahrscheinlichkeit für sich.

Theorie der Zellteilung.

§ 8. Zu einer theoretischen Betrachtung sind, wie dies die Auseinandersetzungen im vorigen Paragraphen wohl klar gelegt haben, nur die Erscheinungen geeignet, welche bei der mitotischen Zellsubstanz- und Kernteilung getroffen werden. Zunächst müssen wir uns fragen: von welchem Bestandteile der Zelle geht der Impuls zur Teilung aus, vom Kerne oder von der Zellsubstanz? Es war natürlich, dass man, so lange nur die Prozesse am Kern bekannt waren, den ersten und Hauptanstoss zur Teilung im Kern suchte. Es hat sich diese Auffassung noch immer erhalten, der zufolge der Kern die herrschende Rolle im Leben der Zelle spielt. Indessen gegenwärtig, wo auch die feineren Vorgänge bei der Teilung der Zellsubstanz genauer erforscht sind, wenn auch noch lange nicht so genau wie die der Kernteilung, kann jene Auffassung in ihrer Ausschliesslichkeit nicht mehr festgehalten werden. Ja vielleicht werden wir dahin gelangen, den Kern von seinem Herrschsitze zu depossedieren und der Zellsubstanz wieder die Stellung anzuweisen, die ihr mit Fug gebührt. Beobachtungen nämlich, die bei der Furchung von

Echinideneiern durch Fol gemacht wurden, sind meines Erachtens sehr geeignet, die herrschende Auffassung zu stürzen.

Nach Fol — und es muss, sollen die Zellteilungsprozesse richtig beurteilt werden, auf die Untersuchungen etwas näher eingegangen werden, welche dieser Forscher hierüber publiziert hat — verläuft der Befruchtungsvorgang am Echinidenei folgendermassen: Von dem in das Ei eingedrungenen Spermakörper schnürt sich die Spitze



Figur 29. Figur 30.

Figur 31.

Figur 29–31. Befruchtung des Echinideneios nach Fol. *sc* — Spermocentrum; *oc* — Ovocentrum; *sk* = Spermavorkern; *ek* — Eivorkern.
Figur 29. Die beiden Centren haben sich einander gegenüber gestellt. — Figur 30. Hantelförmige Einschnürung der Centren. — Figur 31. Centrenquadrille.

ab, während der Rest kugelige Gestalt annimmt. Bei dem weiteren Vordringen in das Innere des Eies in der Richtung zum Eivorkern geht die abgetrennte Spitze voraus und stellt sich dem Ovocentrum gegenüber; der Spermavorkern schmiegt sich an die Oberfläche des Eivorkernes seitlich an, ohne mit letzterem zu verschmelzen. Nunmehr werden die abgeschnürte Spermaspitze, das Spermocentrum nach Fol, und das Centrosoma des Eies, das Ovocentrum, hantelförmig eingeschnürt, bis schliesslich eine Zweiteilung jedes der beiden Gebilde erfolgt. Beide Centren liegen von Anfang an entgegengesetzten Polen des Eikernes. Darauf beginnt eine Wanderung der vier Teilungsprodukte, die von Fol sogenannte Centrenquadrille, derart, dass je eine Hälfte des Spermo- und des Ovocentrum einander entgegenrücken und sich so, wenn sie ein Viertel des Kernumfanges

zurückgelegt haben, treffen. Es stehen also wiederum auf entgegengesetzten Polen des Kernes der Eizelle — nur sind die Pole dieses Mal um einen Quadranten von den nach der Zweiteilung der Centren eingenommenen entfernt — je zwei Centren, aber dieselben sind nicht mehr gleichen Ursprungs, sondern das eine stammt vom Spermocentrum, das andere vom Ovocentrum. Jetzt erst treten die Phasen der Kernteilung ein.

Diese kurz skizzierten Thatsachen, welche die Resultate von van Beneden und Boveri, die an den Attraktionssphären der sich furchenden Eier von Ascaris megalocephala Ähnliches, wenn auch nicht in dieser Deutlichkeit, beobachtet hatten, ungemein vertiefen, lehren meines Erachtens auf das Klarste, dass die Zellsubstanzteilung thatsächlich bereits beendet ist, ehe die Kernteilung einsetzt.

Sehen wir zunächst davon ab, dass die Teilung des Eies im Allgemeinen erst nach eingetretener Befruchtung, d. h. nach Eindringen eines Spermakörpers erfolgen kann, so bleibt doch die Teilung des Centrosoma der Eizelle, des Ovocentrum, wie Fol dasselbe nennt, bestehen. Nun ist die Eizelle eine Zelle wie jede andere, nur in ihrer physiologischen Qualität und den mit dieser letzteren zusammenhängenden sekundären Eigenschaften (Dotteransammlung etc.) unterscheidet sie sich von den gewöhnlichen Körperzellen. Es haben daher das Centrosoma und mit ihm verbunden die Attraktionssphäre in der Eizelle die gleiche Bedeutung für die vitalen Eigenschaften derselben wie in allen anderen Zellen. Man wird somit auch nicht fehl gehen, wenn man solch' fundamentale Prozesse, hat man sie an der Eizelle getroffen, auf die übrigen Körperzellen überträgt, selbst dann, wenn sie an den letzteren nur ungenau oder gar nicht beobachtet sind. Zellteilung bleibt Zellteilung, an welchem der physiologisch verschiedenwertigen Elementarorganismen man sie auch beobachten mag; nur die Resultate sind verschieden. Das eine Mal, bei der Körperzelle, entsteht ein gleiches Gebilde, das andere Mal, bei der Eizelle, entsteht ein ganzer tierischer Organismus; der Teilungsprozess als solcher aber ist überall identisch. Nun ist in der Zellsubstanz als Hauptteil zu betrachten Attraktionssphäre und Centrosoma; sind diese geteilt, dann kann man, so meine ich, mit Recht sagen, dass die Zellsubstanz sich geteilt hat. Denn der Rest von Protoplasma und das Paraplasma scheinen, wie dies aus den Schilderungen im vorigen § hervorgehen dürfte, bei der Teilung nur eine passive Rolle zu spielen. Im Fol'schen Beispiele ist aber das Centrosoma des Echinideneies bereits geteilt, ehe die

Kernteilung beginnt: es ist also, sind die obigen Ausführungen stichhaltig, die Teilung der Zellsubstanz bereits beendet, bevor der Kern sich dazu anschickt. Das aber dürfte wohl darauf hinweisen, dass der Impuls zur Teilung von der Zellsubstanz ausgeht und nicht vom Kern, da, nach logischen Prinzipien, der frühere Vorgang den späteren beeinflussen muss, und nicht umgekehrt. Die Zellteilung allerdings ist erst beendet, wenn der Kern und der ganze Zellleib sich geteilt haben; man darf eben bei Erörterung dieser Fragen nicht, wie das vielfach geschieht, Zelle und Kern, sondern Zellsubstanz und Kern einander entgegensetzen, denn die Zelle ist die höhere Einheit, in welche die beiden Bestandteile, Zellsubstanz und Kern, aufgehen.

§ 9. Eine spezielle Betrachtung der bei der mitotischen Teilung sich abspielenden Vorgänge ist geeignet, noch nach anderer Richtung wertvolle Aufschlüsse zu geben. Wir haben gesehen, dass das Centrosoma mit der Attraktionssphäre sich teilt, wir haben ferner kennen gelernt, dass die chromatischen Segmente, die Chromosomen, durch eine Längsspaltung in zwei Teile zerfallen und dass in die durch die Teilung neu entstehenden Zellen durch das Auseinanderweichen der Chromosomen je ein Teilstück derselben übergeht. Das heisst mit anderen Worten: durch die Teilung von Zellsubstanz und Kern wird der ganze Leib der Mutterzelle genau halbiert und die Tochterzellen, welche dieselben Organe haben, wie jene, sind zunächst der Masse nach halb so gross wie die Mutterzelle. Erst allmählig, durch Assimilation neu aufgenommener Nahrung können auch die Tochterzellen diejenige Masse erreichen, welche die Zelle besass, aus der sie durch Teilung hervorgegangen sind. Diese Thatsache ist von hervorragender Bedeutung. Es folgt zunächst aus derselben, dass die Tochterzellen eine direkte, unmittelbare Continuation der Mutterzelle sind. Aber letztere überträgt nicht bloss ihre morphotischen Bestandteile auf ihre Nachkommen, sondern vererbt auch ihren physiologischen Charakter auf dieselben, da letzterer an die einzelnen Bestandteile der Zelle als an seine Substrate gebunden ist. Die Teilung der Zellen auf mitotischem Wege — die intimeren Vorgänge bei der Amitose sind noch zu dunkel — ist das Fundament der Vererbung. Wo sich Körperzellen teilen, produzieren sie nur ihresgleichen und gewährleisten dadurch die Erhaltung und zugleich Vermehrung ihrer spezifischen Funktion.

Etwas anders liegen die Verhältnisse bei der befruchteten Eizelle. Die besondere Konstitution dieses Gebildes hat zur Folge, dass durch Teilung nicht direkt ihm gleiche Nachkommen erzeugt werden,

aus der Teilung der Eizelle werden nicht zwei Eizellen, sondern ein neuer, aus verschiedenartigen Zellen bestehender Organismus. Es müssen also hier bei der Mitose in Zellsubstanz und Kern Differenzierungen physiologischer Natur von einschneidender Bedeutung statt haben. Welcher Art diese Differenzierungen sind, wie und warum dieselben eintreten, darüber sind wir z. Z., trotz alles Spekulierens und Theoretisierens, noch sehr im Unklaren; genug dass wir die Thatsache kennen. Das Gebiet des Vererbungsproblemes zu betreten, die Fragen zu erörtern, an welche Teile der Ei- und Samenzelle die Vererbungspotenzen geknüpft sind und ob überhaupt eine Lokalisation der letzteren statt hat, wie dies meist angenommen wird, dazu ist hier nicht der Ort. Nur im Vorbeigehen sei daher bemerkt, dass die modernen Vererbungstheorien, welche ausschliesslich in der chromatischen Substanz des Kernes den Träger des Vererbungsprinzipes erblicken, meines Erachtens auf die Dauer nicht haltbar sein werden. Sie beruhen alle auf einer Überschätzung des Kernes und einer Unterschätzung der Zellsubstanz und verlegen einen Vorgang in Gebilde, die Chromosomen, hinein, denen bei der Zellteilung nicht mehr Bedeutung zukommt als der Zellsubstanz. Genaueren Aufschluss über die herrschenden Theorien werden die Lehrbücher der Entwickelungsgeschichte geben.

§ 10. Es wäre noch von theoretischen Gesichtspunkten aus der Mechanismus der Zellteilung zu diskutieren. Man hat sich vielfach die Frage vorgelegt, in welcher Weise geschieht die Gruppierung der einzelnen Bestandteile der Zelle bei der Teilung, welche verhalten sich aktiv, welche passiv? Vergegenwärtigen wir uns die Details, die bei Besprechung der Teilung der Zellsubstanz, i. e. der Attraktionssphäre mit dem Centrosoma, besprochen wurden, so dürfte es wohl kaum einem Zweifel begegnen, dass die Vorgänge innerhalb der Zellsubstanz aktiver Natur sind, d. h., dass nach Teilung des Centrosoma in die Polkörperchen und Anwachsen der Spindel zwischen denselben Bewegungen selbstständiger Natur von ihnen ausgeführt werden, durch die sie in die Mitte der Zelle gelangen. Die Wanderung dagegen, welche die Chromosomen zeigen, wenn sie nach ihrer Längsspaltung an die entgegengesetzten Enden der Spindel gelangen, und vielleicht auch die Längsspaltung selber, sind wahrscheinlich passiver Natur. Rabl hat wohl zuerst die Meinung ausgesprochen, dass durch Kontraktion der Fäden der achromatischen Spindel, von denen sich stets mehrere an ein einzelnes chromatisches Segment ansetzen, diese letzteren nach entgegengesetzten Richtungen gezogen werden.

Theorie der Zelle.

§ 11. Wir haben in den voraufgehenden Paragraphen Bau und Verrichtung der Elementarorganismen kennen gelernt, wir wollen nunmehr noch kurz erwähnen, welche Vorstellung wir uns auf Grund der geschilderten Thatsachen von der Zelle überhaupt und von der Bedeutung ihrer einzelnen Organe bilden können.

Es ist kurz die Anschauung gestreift worden (§ 9), nach welcher die Chromosomen die alleinigen Träger der Vererbungspotenzen seien, und es ist auch dabei hinzugefügt worden, dass eine solche Anschauung auf einer Überschätzung der Bedeutung des Kernes und einer Unterschätzung der Bedeutung der Zellsubstanz beruhe. Es wird dieses Urteil um so berechtigter erscheinen, wenn wir auf die Konsequenzen eingehen, die einer der Hauptvertreter jener Anschauung, Weismann, aus derselben für die Körperzellen zieht. Nach Weismann ist es der Kern, welcher den physiologischen Wert der Zellen bestimmt. Die spezifische molekulare Konstitution der einzelnen Kernsubstanzen charakterisiert nach diesem Forscher die Körperzellen und bedingt ihre Verschiedenartigkeit, während die besondere Beschaffenheit der Zellsubstanzen daneben gar nicht in Frage kommt, vielmehr ist die Zellsubstanz nur das Vehikel für den Kern, nur ein notwendiges, vielleicht sogar lästiges Anhängsel des letzteren. Indessen ist diese extreme Auffassung von Weismann wohl kaum haltbar, wenigstens sprechen die durch das Mikroskop festzustellenden Thatsachen nicht für dieselbe. Mikroskopisch nämlich ist die Kernsubstanz aller Körperzellen gleich beschaffen; es ist nicht möglich auf Grund eines mikroskopischen Präparates, das mit den heutigen Mitteln hergestellt wurde, zu sagen, ob ein Kern einer Ganglienzelle oder einer Epithelzelle oder einer Drüsenzelle etc. angehört, dagegen lässt sich sehr wohl die Zellsubstanz in den als Beispiel angeführten drei Zellarten unterscheiden. Ganglienzelle, Epithelzelle und Drüsenzelle zeigen, abgesehen natürlich von ihrer äusseren Form, unter dem Mikroskope ein ganz verschiedenes Verhalten ihrer Zellsubstanz. Die physiologische Dignität einer Ganglienzelle beruht in der spezifischen Molekularstruktur ihrer Zellsubstanz, in letzterer spielen alle die komplizierten Vorgänge sich ab, durch welche die Ganglienzelle ihre besondere Position unter den übrigen Körperzellen erhält. Das Sekret, welches eine Drüsenzelle liefert, hat seinen Ursprung in der Zellsubstanz, ist ein Umwandelungsprodukt derselben oder wird durch sie aus den zugeführten und nicht zur eigenen Erhaltung verwendeten Nährflüssigkeiten produziert. Die Gewebe des Körpers, namentlich die sie charakterisierenden Intercellularsubstanzen, sind lediglich und

durchaus ein Produkt der vitalen Thätigkeit der Zellsubstanzen. Der Kern dagegen ist direkt an dieser Thätigkeit nicht beteiligt, hat vielmehr mit derselben, meiner Auffassung nach, nur sekundäre Beziehungen. Der physiologische Wert oder Charakter einer Zelle aber wird bestimmt durch die Art ihrer Thätigkeit im Organismus; da letztere, wie wir gesehen haben, verknüpft ist mit der besonderen Konstitution der Zellsubstanz, so muss es auch diese sein, durch welche sich die einzelnen Körperzellen von einander unterscheiden.

Die Bedeutung des Kernes ist, wenigstens für die Körperzellen, die eines Regulationsapparates und zwar dürfte wohl — etwas sicheres ist z. Z. noch nicht auszusagen — der regulatorische Einfluss sich wesentlich nach der Seite des vegetativen Lebens der Zelle entfalten. Die Ernährung der Zelle wird vom Kerne beeinflusst; dafür scheinen auch die Erfahrungen, die bei der Sekretion gewonnen wurden, und ferner die Thatsachen zu sprechen, welche Korschelt bei der Dotteraufnahme der Insekteneier eruiert hat. Wenn im letzteren Falle der Kern sich nach der Gegend der Nahrungsaufnahme hinbewegt, so wird er dieselbe sicher in irgend einer Weise beeinflussen: bei der animalen Thätigkeit der Eizellen dagegen bleibt er an seinem Orte ruhig liegen.

Es widerspricht auch die Weismann'sche Auffassung den Thatsachen, welche die vergleichende Anatomie uns an die Hand giebt. Es wurden in § 3 die Moneren erwähnt, jene einfachsten, durch Häckel bekannt gewordenen Lebewesen, deren Organismus ausschliesslich aus Protoplasma besteht. (In demselben § ist auch die Thatsache berücksichtigt worden, dass man in den Moneren Kernsubstanz zerstreut hat wahrnehmen können, cfr. daselbst). Hier, auf der untersten Stufe des Lebens, haben wir einen Kern in der Differenzierung, wie er sich von da ab überall darstellt, noch nicht und dennoch vollziehen sich an und in einem solchen nackten Protoplasmaklümpchen alle die Prozesse, die wir in ihrer Gesamtheit als Leben bezeichnen. Das Substrat des Lebens ist auf dieser Stufe das Protoplasma, in ihm findet die Assimilation der aufgenommenen Nahrung statt, durch seine Zunahme wächst das Wesen, durch seine Irritabilität bewegt es sich. Wir werden nicht fehl gehen, wenn wir annehmen, dass bei der später, d. h. auf höheren Stufen der Organisation eintretenden Komplikation des Baues eine Verteilung der Funktionen auf die sich differenzierenden Organe des Zellleibes statt hat, dass aber der spezifische Unterschied der Elementarorganismen nach wie vor in der Zellsubstanz begründet sein wird.

Zum mindesten hat die Auffassung, welche hier vorgetragen

wurde und welche von vielen Autoren geteilt wird, das vor der Weismann'schen voraus, dass sie besser den allgemein bekannten Thatsachen sich anpasst, als jene Auffassung, wonach der Kern oder vielmehr die spezifische Molekularstructur der Kernsubstanzen und in erster Linie die des Nucleins die physiologische Bedeutung der Zelle bestimmt. Und was für die Körperzellen gilt, das gilt auch sicher für die Fortpflanzungszellen. Wenn in jenen das Nuclein nicht die Bedeutung hat und haben kann, die ihm beigelegt wird, so kann ihm eine solche auch nicht bei diesen zukommen, d. h. das Nuclein kann nicht ausschliesslicher Träger der Vererbungspotenzen sein, die Zellsubstanz des Eies, der sogenannte Bildungsdotter, hat mindestens die gleiche, wenn nicht, und das dünkt mir das wahrscheinlichere, eine sehr viel grössere Bedeutung für die gesamte vitale Thätigkeit der Eizelle, als der Kern.

III. Die Gewebe.

Allgemeines.

§ 12. Die gemeinsame Thätigkeit aller einzelnen Elementarorganismen baut den vielzelligen tierischen Körper auf. Es geschieht dies dadurch, dass die Zellen und ihre Produkte sich in bestimmter Weise zu besonderen Gebilden vereinigen, den sogenannten Geweben, welche also die auf die Zellen folgenden nächst höheren morphologischen und physiologischen Bestandteile des Organismus repräsentieren. Ein Gewebe ist darnach die bestimmte, immer in derselben Weise sich darstellende Gruppierung gleicher Elementorganismen. Damit ist auch ausgesprochen, dass der Begriff des Gewebes sich zunächst auf die Struktur gründet, und die Namen, welche für die verschiedenen Gewebe eingeführt sind, heben daher das morphologische Moment hervor. Doch ist gerade bei den Geweben in der Struktur die Funktion enthalten. Wenn man die einzelnen Arten als Bindegewebe, Knochengewebe, Nervengewebe, Muskelgewebe etc. unterscheidet, so ist diese Unterscheidung in der verschiedenartigen Struktur gerechtfertigt, damit aber gleichzeitig auch die verschiedene physiologische Wertigkeit der Gewebsarten gekennzeichnet.

Wenn zwei Gewebe zu einer neuen Einheit zusammentreten, so entsteht ein Organ, und mehrere Organe bilden ein Organsystem. Für die gewöhnliche Bezeichnung des Organes ist das physiologische Moment das maassgebende, während das morphologische zunächst zurücktritt, denn zwei zu einem Organe vereinigte Gewebe können als eine morphologische Einheit nur im abgeleiteten Sinne betrachtet werden. Wenn z. B. Bindegewebe und Epithelgewebe zu einem Organe, einer Drüse, sich vereinigen (die Ausdrücke „sich vereinigen, zusammentreten" haben selbstverständlich nur eine tropische Bedeutung), so gehen sie nicht in einander derart auf, dass sie ihre morphologische Selbständigkeit verlieren, sondern sie behalten vielmehr den ihnen eigentümlichen Charakter unverändert bei. In diesem Sinne oder vielmehr von diesem Gesichtspunkte aus ist daher ein Organ keine morphologische Einheit. Aber es ist eine physiologische Einheit, insofern die Funktion des einen Gewebes im Vergleich zu der des anderen eine minderwertige ist; d. h. mit anderen Worten: bei Vereinigung zweier Gewebe zu einem Organe erlangt meist eines derselben nach der Seite der Funktion so sehr das Uebergewicht über das andere, dass dadurch der Charakter des Organes bestimmt wird. Von diesem Gesichtspunkte aus also stellt ein Organ stets eine physiologische Einheit dar. (Dass im abgeleiteten Sinne ein Organ eine morphologische Einheit repräsentiert, ist selbstverständlich, denn diese Einheit ist in der körperlichen Form und in der Abgetrenntheit von anderen Organen begründet). Die physiologische Einheit eines Organes wird ferner dadurch bedingt, dass ohne das Zusammentreten der beiden Gewebsarten ein Organ nicht zu Stande kommt; in dem gewählten Beispiele können wir von einer Drüse nur darum sprechen, weil das Epithelgewebe mit dem Bindegewebe vereint, das erstere durch das letztere zu einer neuen Einheit zusammengefasst ist. Wäre das nicht der Fall, wäre kein Bindegewebe da, so hätten wir auch keine Drüse, sondern nur sekretorisch funktionierende Zellen. Solche Zellen beherbergt der Körper eine Menge, die nicht ein specielles Organ bilden und doch sekretorisch thätig sind, das sind die später noch zu erwähnenden Becherzellen, die man daher auch nur uneigentlich als Drüsen (einzellige) bezeichnen darf.

Die eben gegebenen Unterscheidungen zwischen Gewebe und Organ müssen streng festgehalten werden, will man überhaupt zu einem Verständnisse des feineren Aufbaues der vielzelligen Organismen gelangen.

§ 13. Eine Einteilung der Gewebe, von denen zunächst

die Rede sein soll, zu geben, ist schwer, da von keinem Gesichtspunkte aus es möglich ist, den verschiedenen Erscheinungsarten völlig gerecht zu werden. Am wenigsten vielleicht genügt jene Einteilung, die auf Grund entwickelungsgeschichtlicher Momente von His aufgestellt wurde. Dieser Forscher unterscheidet archiblastische und parablastische Gewebe. Unter Archiblast versteht His jenen Teil des Embryo im Vogelei und im Fischei, der aus dem gefurchten Bildungsdotter hervorgegangen ist; Parablast ist dagegen der Teil, der sich aus Elementen des Nahrungsdotters soll gebildet haben, die in den Archiblasten eingewandert sind. Da aber die His'sche Lehre fast allgemein abgelehnt ist, besonders, weil der Nachweis des Einwanderns von Nahrungsdotterelementen in den Keim nicht geführt ist, so kann dieselbe auch für eine Einteilung der Gewebe nicht verwertet werden. Aehnlich ist es wohl in allerdings beschränkterem Grade mit allen Einteilungen der Fall, die ausschliesslich auf ontogenetischer Grundlage ruhen, da durch das Hervorheben des Entwickelungsmomentes eine richtige Gruppierung nicht erfolgen kann.

Am einfachsten dürfte es sein, entsprechend der obigen Definition, den morphologischen Charakter als Einteilungsbasis zu nehmen und darnach soll hier verfahren werden.

Es sind folgende Gewebe zu unterscheiden: Epithelgewebe, Bindesubstanzen oder Gewebe mit Intercellularsubstanz, Muskelgewebe und Nervengewebe und ihnen soll als Anhang folgen Blut und Lymphe, die weder als Gewebe noch als Organe betrachtet werden können.

A. Epithelgewebe.

§ 14. Das Wort Epithel (ἡ θηλή, die Warze) wurde zuerst für das dünne Epidermishäutchen angewandt, welches die Tastwärzchen des Lippensaumes überzieht. Später wurde der Name für alle diejenigen Häute üblich, welche die Oberfläche des Körpers und seiner Höhlen überziehen. Wir treffen also Epithel auf der äusseren Haut, auf den sogenannten Schleimhäuten, in den Ausführungsgängen der Drüsen und in den Körperhöhlen. Entwicklungsgeschichtlich ist später festgestellt worden, dass die sekretorisch thätigen Zellen aller Drüsen mit den gewöhnlichen Epithelzellen gleichen Ursprunges sind, die Drüsenzellen sind also Epithelzellen. Ferner sind die Elemente, in welche die letzten Endigungen der höheren Sinnesnerven übergehen, als Epithelzellen zu betrachten. Diese letztere Auffassung rührt von Max Schultze her; gegen dieselbe macht sich in neuerer

Zeit eine Bewegung geltend, die eine Ansicht einführen will, nach welcher die sogenannten Sinneszellen keine Epithel-, sondern Ganglienzellen sein sollen. Es scheint mir, als ob hier eine falsche Deutung an sich vielleicht richtiger Beobachtungen vorliegt, worüber später am geeigneten Orte noch das Nötige zu sagen sein wird.

Das Epithelgewebe ist dadurch ausgezeichnet, dass hier Zelle eng an Zelle liegt; die benachbarten Gebilde sind nur durch ein stets sehr geringes Quantum von Zwischensubstanz von einander getrennt, welche mit dem Namen Kittsubstanz belegt wird.

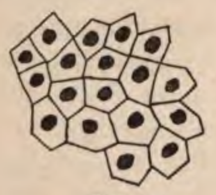
Das Epithelgewebe der Drüsen soll näher besprochen werden, wenn von den Organen und Organsystemen die Rede sein wird; hier möge nur von den Deckepithelien gehandelt werden, also von jenem Gewebe, für welches der Name zuerst gegeben wurde.

Wir unterscheiden zwei Hauptformen der Deckepithelien, nämlich Plattenepithelien und Cylinderepithelien. Aus den Namen geht hervor, dass die Unterscheidung basiert auf der Differenz der Form. Die Zellen liegen entweder in nur einer Schicht oder in mehreren Schichten, man spricht im ersteren Falle von einem einschichtigen, im letzteren von einem mehrschichtigen Platten- bezw. Cylinderepithel. Ein eigenartiges Epithel kleidet die Innenfläche der Harnwege aus; man nennt dasselbe Uebergangsepithel, weil die einzelnen Zellen teils platt teils cylindrisch gestaltet sind; dieses Epithel ist stets mehrschichtig.



Figur 32. Epithel aus dem Ureter des Kaninchens (Schnittpräparat).

§ 15. Die einzelnen Zellen des Plattenepithels haben nicht immer eine regelmässige Gestalt, sondern sind vielmehr unregelmässig gestaltet. Von der Fläche aus betrachtet erscheint ihre Form unregelmässig polygonal, sie stellen also Polyeder mit ungleichen Flächen dar. Die einzelnen Zellen liegen meist eng aneinander, besonders in den sich abstossenden Oberhäutchen, und gewähren von der Fläche aus gesehen, den Anblick eines Strassenpflasters, man nennt das Epithel deswegen auch Pflasterepithel. Die Zellsubstanz dieser Epithelien, soweit dieselben noch funktionsfähig sind, erscheint gekörnt (granuliert) und beherbergt einen grossen bläschenförmigen Kern mit ein bis zwei Nucleolen.



Figur 33. Pflasterepithel der abgelösten Epidermis von Triton taeniatus.

Als mehrschichtiges Epithel finden wir das Plattenepithel auf der äusseren

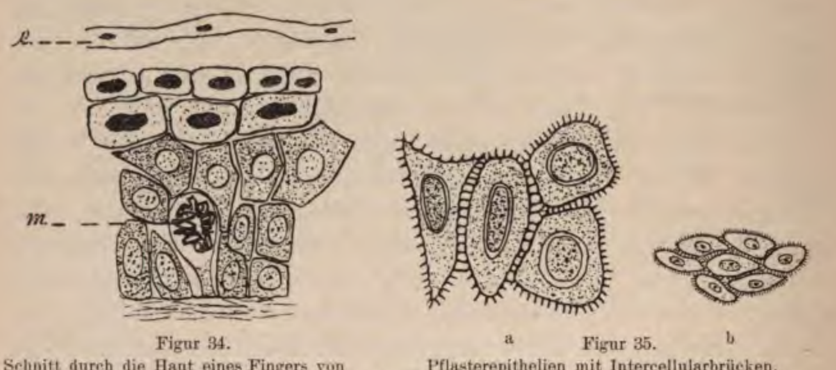
Haut und auf den mit derselben in direkter Verbindung stehenden Schleimhäuten, nämlich auf der Schleimhaut des Mundes, des Oesophagus, der Vagina und der Urethra. An diesen Stellen unterliegt das Epithel gleichzeitig einem eigentümlichen Prozesse, dem der Verhornung, dessen Resultat eine ständige Abnutzung und Erneuerung der Zellen ist. Die obersten Schichten sind es, welche als verhornte Schüppchen abgestossen und durch die von unten aufrückenden Zellen ersetzt werden. Die unteren Schichten bestehen aus Zellen, deren Gestalt meist eine kugelige, in der Haut eine cylindrische ist; dieselben haben ein körniges (granuliertes) Aussehen. Je höher in der Schicht man steigt, d. h. wenn man die der freien Oberfläche näher liegenden Zellen betrachtet, um so mehr sieht man die Zellen breiter und platter werden bei gleichzeitigem Schwinden der Granulierung. Zugleich verändern die Kerne ihre Beschaffenheit; im Anfange d. h. in den tiefsten (basalen) Schichten gross und bläschenförmig, werden sie allmählig kleiner, homogener, sie nehmen intensiver als die der tiefer gelegenen Zellen die Farbstoffe an, bis sie in den höchsten, also die freie Oberfläche des Epithels bildenden Schichten ganz verschwunden sind. Hier hat auch der Zellleib seine Granulierung vollständig verloren und stellt nunmehr nur noch ein kernloses, gefaltetes Schüppchen dar.

Die Amphibien machen hiervon insofern eine Ausnahme, als bei ihnen die sich in langen Fetzen loslösende Schicht der Haut noch aus kernhaltigen Zellen besteht; sie reihen sich aber in das Schema dadurch ein, dass die Zellen protoplasmaleer sind und die Kerne nur noch eine homogene Masse darstellen, in welcher ein Gerüst auch nicht einmal mehr andeutungsweise zu erkennen ist (cfr. Fig. 33).

Damit ist der Prozess der Verhornung beendet, dessen Einzelheiten später, bei Besprechung der Haut, auseinandergesetzt werden sollen; das Schüppchen ist ein wertloses, nicht mehr lebensfähiges Gebilde, das entweder auf äusserem mechanischem Wege, durch Abreiben, entfernt wird, oder das durch das Nachrücken der tieferen Zellen aus seinem Verbande gelöst und somit abgestossen wird. Die lebenskräftigsten Zellen sind, wie aus dem Gesagten hervorgeht, diejenigen der tiefsten Schichten, denn diese liefern den Ersatz für die durch das allmählige Aufrücken verloren gegangenen Zellen; dieser Ersatz findet meist durch mitotische Teilung der tiefsten Zellen statt.

Noch durch eine besondere Eigentümlichkeit sind die tieferen Zellen der geschichteten Pflasterepithelien ausgezeichnet. Ihre Kon-

turen sind nämlich nicht glatt, sondern wie mit Stacheln besetzt, weswegen man sie auch Stachel- oder Riffzellen genannt hat. Der Rand der Zellen erscheint wie ausgesägt oder ausgezähnt: die Stacheln,



Figur 34.
Schnitt durch die Haut eines Fingers von Triton taeniatus.
m = Mitose; e = Epidermis.

a Figur 35. b
Pflasterepithelien mit Intercellularbrücken.
a) aus der Haut vom Axolotl.
b) aus der Haut der lupös erkrankten Nase des Menschen.

integrierende Bestandtheile des Zellleibes nicht etwa Absonderungsprodukte der einander benachbarten Zellen, verschmelzen häufig und es entstehen so Brücken von einer Zelle zur anderen, die sogenannten Intercellularbrücken. Zwischen je zwei Brücken finden sich Lücken, die als Intercellularlücken bezeichnet werden. Der letztere Ausdruck ist wesentlich vom mikroskopischen Schnittbilde entnommen; versucht man sich die Bilder, wie sie in den einzelnen Präparaten zu sehen sind, zu rekonstruieren, so wird man zu der Ansicht gelangen müssen, dass diese Lücken Durchschnitte von Gängen darstellen, welche in mäandrischen Windungen die Epithelschicht durchsetzen. Diese Intercellulargänge, welche keine eigene Wandung besitzen, sind wahrscheinlich die Bahnen, auf welchen die (lymphatische) Ernährungsflüssigkeit zu den Epithelzellen gelangt. Am besten zu sehen sind diese Bildungen in der Haut der Amphibien und in pathologischen Gewächsen beim Menschen. In letzteren trifft man noch eine andere Form der Riffzellen, bei welchen die Stacheln der benachbarten Zellen nicht mit einander zu Brücken sich vereinigen, sondern wo sie in einander greifen wie die Zähne zweier Zahnräder.

Ein einschichtiges Plattenepithel stellen die pigmenthaltigen Zellen der Netzhaut dar, deren Gestalt eine sehr regelmässig sechseckige ist. Das Pigment, welches von dunkelbrauner Farbe ist, erfüllt in Gestalt kleinster Körnchen den Zellleib dicht an und nur

an der Stelle, an welcher der Kern gelegen ist, findet sich ein heller, meist kreisrunder und vollkommen farbloser Fleck.



Figur 36.
Retinapigmentepithel vom Frosch (Flächenansicht); die hellen Kreise zeigen die Lage des Kerns an.



Figur 37.
Endothel aus dem Centrum tendineum diaphragmatis der weissen Maus. (Silberbild).

§ 16. Eine besondere Form des Plattenepithels repräsentiert das Endothel. Der Name ist mit Rücksicht auf die Entstehung des Namens Epithel nicht ganz glücklich gewählt, er hat sich indessen so eingebürgert, dass er nicht mehr zu entbehren ist. Endothelien und Epithelien haben entwicklungsgeschichtlich einen verschiedenen Ursprung, denn die ersteren stammen vom mittleren Keimblatt (Mesoderm), die letzteren vom äusseren Keimblatt (Ectoderm). Die Endothelien kommen immer nur in einfacher Schicht vor, ihre Konturen sind stets mehr oder minder gezackt, ihre Form ist eine, von der Fläche betrachtet, unregelmässig polygonale, selten stellen sie sich als Spindeln dar. Die zwischen den einzelnen Zellen vorhandene Kittsubstanz, welche jene unregelmässig gezackten Konturen bildet, ist nur durch die Versilberungsmethode gut sichtbar zu machen. Der Zellleib der Endothelien ist schwach, zart granuliert, der Kern liegt meist in der Mitte und enthält nicht zu häufig ein bis zwei Nucleolen. Kern und Zellsubstanz sind nur in besonders günstigen Fällen zu erkennen, meist kann man nur das überaus zierliche Bild der zackigen Konturen, die sogenannten Silberbilder, zur Anschauung bringen. Die Endothelien überziehen die Innenwand der Blut- und Lymphgefässe, die Capillaren bestehen aus Reihen von Endothelzellen; ferner bekleiden sie die Innenfläche der Hüllen des Centralnervensystems, der Gelenkhöhlen, der Schleimbeutel und Sehnenscheiden. Endothelien sind auf der bindegewebigen Hülle der markhaltigen peripheren Nerven nachweisbar, ferner an

den Aufhängebändern mancher Organe, z. B. Ligamentum suspensorium hepatis, am Mesenterium und endlich an der Innenwand des Coeloms und Pericards. Indessen hat man in neuerer Zeit das Coelomendothel wieder als ein echtes Epithel betrachtet, also als ein Derivat des Ectoderm; hierüber sind die Lehrbücher der Entwickelungsgeschichte zu vergleichen.

§ 17. Die Cylinderepithelien werden von Zellen gebildet, die von der Fläche betrachtet, mehr oder minder deutlich sechseckig erscheinen; gleichen sie so den Pflasterepithelien, so unterscheiden sie sich doch von diesen durch ihren stets geringeren Umfang. Von der Seite betrachtet haben die Zellen dieser Epithelform cylindrische oder konische Gestalt.

Im ersteren Falle sitzen sie auf einer bindegewebigen Unterlage, der Basalmembran (basement membrane), in der sie dadurch haften, dass ihr basales Ende kurz ausgefasert ist und die so gebildeten Füsschen in der Membran sie festhalten. Die konischen Zellen kehren ihre breite Seite stets der freien Fläche zu, die spitze Seite ist der Fuss, der zuweilen ausgefasert ist und mit dem die Zellen im Gewebe wurzeln. Die Zellsubstanz der Cylinderepithelzellen oder, wie sie auch kürzer genannt werden, der Cylinderzellen ist stets mehr oder weniger granuliert, sie bilden, wie man in früheren Zeiten sagte, ein vollsaftiges Epithel. Der Kern, bläschenförmig und mit einem bis mehreren Nucleolen versehen, hat kugelige oder ovoide Gestalt und liegt entweder basal oder central oder auch, allerdings sehr selten, dem freien Ende genähert. Ovoide Kerne bedingen öfter eine spindelige Auftreibung des Zellleibes an der Stelle, wo sie liegen; namentlich tritt dies in konischen Zellen hervor, wenn der Kern tief im Fusse sich findet.

In geschichteten Cylinderepithelien, wie sie nach neueren Untersuchungen in den Ausführungsgängen der Speicheldrüsen vorkommen, liegen in der Tiefe kolbige Zellen, welche Ersatzzellen darstellen. Denn es findet auch hier, wie beim geschichteten Plattenepithel, ein ständiges Abstossen der oberflächlichen Schicht, und, dadurch bedingt, ein ständiges Nachrücken der tieferen Schichten statt. Der Ersatz geschieht durch Teilung der Ersatzzellen und diese Teilung ist eine mitotische.

Einfache Cylinderepithelien, d. h. eine Decke von Cylinder-Zellen in einfacher Schicht, sind im ganzen Verdauungskanale vom Mageneingange (Cardia) bis zum After vorhanden, ferner in der Gallenblase, in den intraglandulären Gängen der grossen Verdauungsdrüsen und im Respirationsapparate.

Die Zellen des Dünndarmes, die häufig konische Gestalt haben, besitzen an ihrer freien Fläche einen sogenannten cuticularen Saum, in dem man bei einiger Aufmerksamkeit eine feine Strichelung parallel zur Längsachse der Zelle erkennen kann. Früher betrachtete man diese Strichelung als den optischen Ausdruck feiner Porenkanäle, welche den Saum durchsetzen und in die Zellsubstanz eindringen sollten; gegenwärtig hält man die Striche für kleine Stäbchen, erblickt also in ihnen eine Art kurzer dicker Haare.

Figur 38. Cylinderzellen aus dem Dünndarm des Frosches. s = Stäbchensaum.

Sehr häufig finden wir den freien Saum der Cylinderzellen mit feinen, weichen, mehr oder weniger langen Haaren besetzt. Diese letzteren, Wimpern oder Cilien genannt, schlagen lebhaft in wellenförmiger Bewegung nach einer für jeden Ort, an dem sie vorkommen, besonderen Richtung. Diese Bewegung dauert auch noch 48—72 Stunden nach dem Tode des Individuum an; man kann dieselbe, wenn sie zur Ruhe gekommen ist, durch Zusatz von verdünnten Alkalien wieder von neuem hervorrufen. Der freie Rand der Zellen, die wegen der auf ihnen sitzenden Wimpern Wimperzellen genannt werden, erscheint, wie man sich ausdrückt, doppelt konturiert, d. h. es ist auf dem Rande ein mehr oder weniger breiter und daher auch mehr oder weniger deutlicher Saum vorhanden, der gewissermaassen zwischen die Fussenden der Wimpern und die Zellsubsanz der Cylinderzelle eingeschoben ist. Untersucht man aber genügend frisches Material, so erkennt man, ganz besonders deutiich bei Wirbellosen, dass dieser Zwischenraum kein einheitliches Gebilde ist. Schon bei Anwendung mittelstarker Vergrösserungen löst sich der Saum in zwei parallele Reihen kleiner Knöpfchen auf; jedes Knöpfchen der einen Reihe ist mit dem senkrecht entgegengesetzten der anderen Reihe durch einen zarten Strang verbunden, sodass also hier die gleiche Strichelung sich zeigt, wie bei den vorhin erwähnten Cylinderzellen des Dünndarmepithels. In der äusseren Reihe der Knöpfchen wurzeln die Wimpern, die innere liegt direkt der Zellsubstanz auf, als deren Differenzierungsprodukt sie zu betrachten ist; somit sind auch die Wimpern als Differenzierungen der Zellsubstanz anzusehen.



Figur 39. Wimperzellen vom Fusse einer opisthobranchiaten Gastropode.

Ausser den mit Wimpern versehenen Zellen giebt es noch Haare tragende Zellen, bei denen die Haare keiner eigenen Bewegung fähig sind; diese Zellen sind die Sinneszellen. Im Gehörorgane,

im Geschmacks- und Geruchsorgane der Wirbeltiere kommen, wie später noch zu zeigen sein wird, derartige Zellen vor, deren Haare nicht mehr Wimpern, sondern Sinneshaare genannt werden. In der Haut der meisten Wirbellosen, besonders derjenigen ohne chitiniges Exoskelet und derjenigen, welche keine dicke Cuticula haben, finden sich diese Haarzellen ebenfalls vor und sind hier als die Substrate des Gefühlssinnes zu betrachten. Hier, namentlich bei Mollusken, kann man relativ leicht nachweisen, dass auch die Sinneshaare nicht auf einem die freie Fläche der betreffenden Zelle bedeckenden einheitlichen Saume stehen, sondern, wie die Wimpern, in einer doppelten Knöpfchenreihe wurzeln. Ja zuweilen gelingt es zu beobachten, dass die Sinneshaare über die innere Knöpfchenreihe hinweg tief in die Substanz der Sinneszelle hineinragen, dass sie also ganz wie die Wimpern als Differenzierungsprodukte der Zellsubstanz (des Protoplasma) betrachtet werden müssen.

Eine besondere Art der Cylinderzellen sind die Becherzellen. Dieselben kommen hauptsächlich im Repirationsapparat und im Darmkanale vor und sind meist langgestreckte Gebilde, deren distaler Teil becherförmig erweitert ist. Dieser Becher, Theca nach F. E. Schulze, enthält meist ein mucinöses, seltener ein eiweissartiges Sekret, die Becherzellen sind also Drüsenzellen. Basalwärts vom Becher ist die eigentliche Zellsubstanz gelegen, in welcher der bald ovoide bald kugelige Kern sich findet. Die Zellen sitzen entweder breit der Basalmembran auf oder sie gehen in einen schmalen Fuss über, der mit einigen Wurzelfasern im Gewebe haftet. Ist der Becher gut ausgeprägt, dann ist die Epithelzelle sekretgefüllt und die übrige Substanz der Zelle auf einen basalwärts gepressten Rest reduziert. Nach Entleerung des Sekretes, das meist durch Platzen des freien Poles des ovoiden Bechers ermöglicht wird, regeneriert sich die Zelle durch allmähliches Anwachsen der Zellsubstanz. Sie erlangt dadurch ein Aussehen, das dem der benachbarten Epithelzellen, die man mit Rücksicht auf den Sekretionsprozess als indifferente bezeichnen kann, völlig gleicht. Erst nach einer gewissen nicht genauer in ihrer Zeit bestimmten und wohl auch nicht bestimmbaren Ruhepause tritt wieder die Umwandlung der Zellsubstanz in Sekret und damit die Ausbildung und Füllung der Theca ein. Man hat vielfach behauptet, indem man sich auf das gleiche Aussehen ruhender oder besser sekretleerer Becherzellen und Cylinderzellen stützte, dass die indifferenten Darmepithelien in der Lage sein sollten, unter



Figur 40. Becherzellen aus dem Dünndarme vom Frosch. *b* = Becher.

gegebenen Bedingungen Becherzellen zu werden, also eine drüsige Funktion anzunehmen. Ob diese Behauptung richtig ist oder nicht, lässt sich definitiv nicht entscheiden; die Wahrscheinlichkeit scheint mir indessen gegen die Richtigkeit zu sprechen, denn die ruhenden Becher- und die gewöhnlichen Cylinderzellen gleichen einander keineswegs so vollkommen, wie gemeint wird, es besteht vielmehr ein wenn auch nicht sehr auffälliger Unterschied in der Konfiguration der Zellsubstanz beider Arten von Cylinderzellen, der sich bei geeigneten Untersuchungsmethoden und genügender Aufmerksamkeit wahrnehmen lässt.

B. Bindesubstanzen.

Allgemeines.

§ 18. Reichert war es, der zuerst die morphologische Zusammengehörigkeit derjenigen Gewebsarten erkannte, um die es sich hier handelt und die er deswegen durch einen besonderen Namen zusammenfasste, so dieselben den übrigen Geweben scharf entgegenstellend. Das Charakteristische der Bindesubstanzen besteht darin, dass die zelligen Elemente durch eine stets reichlich vorhandene Zwischensubstanz, die sogenannte Intercellularsubstanz, von einander getrennt sind. Auf Grund dieser Thatsache kann man die Bindesubstanzen auch als Gewebe mit Intercellularsubstanz bezeichnen und es dürfte vielleicht diese Benennung der anderen vorzuziehen sein, denn eine Bindesubstanz, also ein Gewebe, welches, wie der Name besagt, die Teile verbindet, ist nur das Bindegewebe sensu strictiori, während den übrigen Arten der Bindesubstanzen eine solche Funktion nicht obliegt.

Die Unterschiede, welche zwischen den einzelnen Arten der Bindesubstanzen obwalten, sind bedingt durch die besondere Beschaffenheit der Intercellularsubstanz. Durch dieselbe wird für die makro- und mikroskopische Betrachtung eine Kluft zwischen den betreffenden Gewebsarten geschaffen, die nach dem physiologischen Verhalten derselben keine Berechtigung hat. Denn — und auch dies ist ein Charakteristicum derselben, wodurch sie sich von den übrigen Geweben des Tierkörpers auszeichnen — die einzelnen Bindesubstanzen können in einander übergehen. Aus Bindegewebe s. str. wird Knochen, und ebenso wird aus Knorpel Knochen unter normalen wie pathologischen Verhältnissen. Nur das Zahngewebe macht eine Ausnahme, insofern im fertigen tierischen Körper keine der anderen Bindesubstanzen in Zahngewebe sich verwandelt.

Das letztere bleibt entweder in seiner Konstitution intakt oder es verschwindet unter pathologischen Verhältnissen, ohne dass ein Ersatz auf natürlichem Wege eintritt. Die Möglichkeit dagegen, dass im fertigen Organismus aus gewöhnlichem Bindegewebe Knochensubstanz werden kann und wird, ist von hervorragender Bedeutung. Wird dadurch auf der einen Seite, für den theoretischen Standpunkt, dargethan, dass das Bindegewebe einen mehr plastischen Charakter hat, d. h. dass sein Speciescharakter kein starrer ist, sondern sich den sich ändernden Existenzbedingungen anzuschmiegen vermag, so erwächst auf der anderen Seite, für das praktische Verhalten, der Vorteil, diese Eigenschaft zu therapeutischen Zwecken zu verwerten. Es kann und soll auf diese Eigenschaften der Bindesubstanzen hier nur hingedeutet werden, eine erschöpfende Auseinandersetzung würde zu weit führen, da sie in das Gebiet der Physiologie und der praktischen Medizin zu tief eindringen müsste.

Wir unterscheiden, wie bemerkt, mehrere Arten von Bindesubstanzen; dadurch wird die morphologische Differenz derselben hervorgehoben und eine übersichtliche Darstellung der besonderen Eigenschaften einer jeden Art ermöglicht. Aus praktischen Zwecken wird diese Einteilung hier beibehalten, doch soll nicht verhehlt werden, dass dadurch dem genetischen Momente keine Rücksicht geschenkt wird. Vom entwickelungsgeschichtlichen Standpunkte aus lässt sich die Absonderung der Bindesubstanzen kaum aufrecht erhalten, namentlich werden die Beziehungen derselben zum Muskelgewebe dabeï ganz vernachlässigt.

Beide Gewebsarten, Muskel und Bindesubstanzen, sind mesodermalen Ursprunges, sie entstehen aus den sogenannten Urwirbeln und dieser ihnen gemeinsame Bildungsort weist offenbar darauf hin, dass beide zusammengehören. Durch die Differenzierung, welche allmählig der Funktion und der Form nach eintritt, wird aber die Sonderung zwischen beiden Geweben eine so augenfällige, dass, wie gesagt, ein jedes für sich ohne Rücksicht auf das andere beschrieben werden muss, soll überhaupt ein Verständnis der histologischen Eigentümlichkeiten ermöglicht werden.

Es giebt folgende Arten der Bindesubstanzen: 1. Bindegewebe sensu strictiori, 2. Fettgewebe, 3. Schleimgewebe, 4. reticuläres Bindegewebe, 5. Knorpelgewebe, 6. Knochengewebe und 7. Zahngewebe.

I. Bindegewebe sensu strictiori.

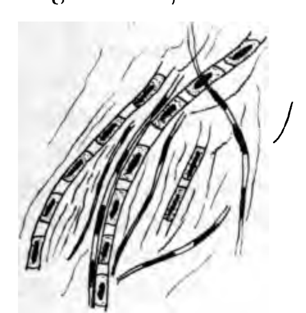
§ 19. Innerhalb des eigentlichen oder fasrigen Bindegewebes sind zwei Abteilungen zu machen, da man nach dem Vorgange

von Henle geformtes und ungeformtes oder lockeres Bindegewebe unterscheiden muss. Das geformte Bindegewebe findet sich in den Sehnen, Fascien, Aponeurosen, der Dura mater, der Cornea und der Sclera des Auges. Das ungeformte, lockere, auch areoläre genannte Bindegewebe kommt überall in und zwischen den Organen des Körpers vor. Es bildet das sogenannte interstitielle Gewebe der drüsigen Gebilde und die Membrana propria der Drüsenkanäle, umhüllt die Muskelbündel und trennt sie gleichzeitig, stellt die Scheiden der Nerven dar, findet sich zwischen allen Organen, diese gleichzeitig trennend und, verbindend und ist der Träger der Blut- und Lymphgefässe.



Figur 41.
Isolierte Fasern aus der Sehne des Musculus semitendinosus vom Frosch.

§ 20. Betrachten wir zunächst das geformte Bindegewebe. Dasselbe ist dadurch ausgezeichnet, dass die Fasern, welche in spärlicher, schleimiger oder besser homogener Masse sich vorfinden, durch eine Kittsubstanz straff zusammengefasst sind und so kompakte, feste Gebilde herstellen. Die Fasern also, das ist dasselbe, liegen dicht aneinander und es muss erst durch mehr oder weniger eingreifende Reagentien die Kittsubstanz entfernt werden, sollen sie einzeln unter dem Mikroskope zur Anschauung gelangen. Sie sind schwach lichtbrechend (bei mikroskopischer Betrachtung), verlaufen in den Bündeln parallel zu einander, anastomosieren nie mit einander und teilen sich auch nie. Jede einzelne Faser, wie man das an einer frisch zerzupften Sehne deutlich erkennen kann, ist ziemlich breit. Alle Fasern, die im geformten Bindegewebe vorkommen, sind leimgebende Fasern, sie liefern nämlich beim Kochen Glutin. Die Faserbündel laufen überall parallel zu einander, nur in den Aponeurosen sind sie gekreuzt. Zwischen und in den Fasern des geformten Bindegewebes kommt nur eine Form von Zellen vor. Diese haben je nach dem Orte, an dem sie sich finden, ein verschiedenes Aussehen. In den Sehnen z. B. stellen sie sich als



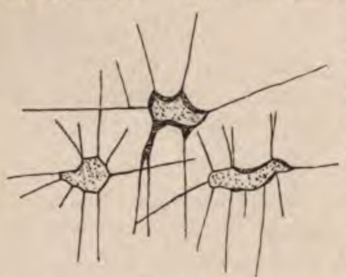
Figur 42.
Isolierte Fasern aus einer Schwanzsehne der weissen Maus.



Figur 43.
Isolierte Sehnenzelle aus einer Schwanzsehne der weissen Maus.

schmale, dünne Platten dar, die aus einer zart granulierten Zellsubstanz bestehen, in der ein länglicher, fast stäbchenförmiger Kern gelagert ist. Beim Anblick von der schmalen Seite erkennt man nur den Kern, während der dünne Zellleib sich ganz oder fast ganz den Blicken entzieht. Isolierte Zellen und in günstigen Fällen auch solche, die in der Sehnenfaser liegen, zeigen mehrere sich allmählig verschmächtigende Fortsätze, mittelst deren sie zwischen die Fasern und Faserbündel eindringen. Man hat diese Zellen auf Grund der letzterwähnten Eigenschaft Flügelzellen, wegen ihres plattenartigen Aussehens Plättchenzellen genannt. Ganz besonders interessant ist ihre Anordnung in der Sehnenfaser; sie liegen nämlich in einer Reihe hintereinander, in jeder Faser in grösserer Zahl, zwischen ihnen sind mehr oder minder grosse Lücken, so dass eine jede Sehnenfaser einem discontinuierlichen Zellbande gleicht.

In einer anderen Form erscheinen die Bindegewebszellen in der Cornea. Hier finden wir unregelmässig gestaltete Gebilde, die sogenannten Hornhautkörperchen, welche in einem Hohlraume die polyedrischen Zellen beherbergen. Häufig füllen letztere die Hohlräume ganz aus, und dies dürfte das normale Verhalten sein, oder aber die Zellen haben sich von der Wand des Hohlraumes mehr oder weniger vollständig zurückgezogen und es ist, wahrscheinlich in Folge der zur Untersuchung angewandten Reagentien, zwischen Zelle und Wandung eine grob granulierte Masse zu erkennen. Von der Wandung des Hohlraumes, in dem die Zellen gelegen sind, gehen sehr feine, sich gar nicht oder nur spärlich verästigende Kanäle aus, die das Hornhautgewebe durchziehen und sich mit den von benachbarten Hornhautkörperchen entspringenden vereinigen. (Die beigegebene Figur zeigt diese Thatsache nicht.) So entsteht in der Cornea ein Lückensystem, das, ausgehend von den Zellen und durchkreuzend die Fasern, offenbar für die Ernährung des Gewebes bez. der Zellen von grosser Wichtigkeit ist.



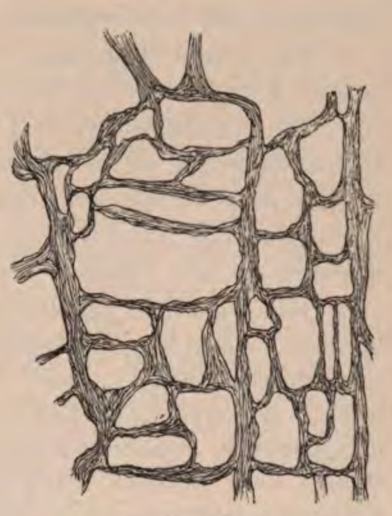
Figur 44.
Drei Zellen aus der Cornea vom Frosch (Goldpräparat).

§ 21. In vielen Punkten anders wie das geformte verhält sich das ungeformte oder lockere (areoläre) Bindegewebe. Die Fasern, welche auch hier, wie beim geformten Bindegewebe, das Hauptcharakteristicum abgeben, liegen nur selten zu grösseren Bündeln vereint und auch dann sind sie nicht straff zusammen-

gefasst, sondern locker oder wellig gebogen nebeneinander gelagert. In letzterem Falle, wie er sich im Omentum der Säugetiere findet, hat das Bindegewebe ein lockiges Aussehen und wurde früher auch lockiges Gewebe genannt. Meist finden sich die Fasern in der homogenen Grundmasse in weiten Abständen von einander und man



Figur 45.
Ligamentum suspensorium hepatis der weissen Maus.
z = Bindegewebszellen; *x* = sich teilende elastische Fasern; (die übrigen Fasern sind gewöhnliche Bindegewebsfibrillen); *e* = Endothelzellen mit Kern.



Figur 46.
Areoläres Bindegewebe aus dem Omentum des Menschen.

erkennt dann überall da, wo das lockere Bindegewebe vorkommt, dass in demselben zwei Arten von Fasern vorhanden sind. Die eine Art ist die vom geformten Bindegewebe her bekannte Leim- (Glutin-) gebende Faser, die auch hier schwach lichtbrechend ist, nie sich teilt und nie mit einer anderen anastomosiert. Die zweite Art, welche im geformten Bindegewebe fehlt, ist die elastische Faser; dieselbe ist stark lichtbrechend, meist breit, erscheint scharf und dunkel konturiert, verläuft geschlängelt oder spiralig gekrümmt und teilt sich häufig. Namentlich da, wo grössere und massigere Anhäufungen von elastischen Fasern vorkommen, wie z. B. im Ligamentum nuchae besonders der Wiederkäuer, ist die Teilung der elastischen Fasern, die hier sehr breit sind, ausserordentlich deutlich, und da die Teilprodukte mit einander



Figur 47.
Elastische Fasern.
a) schmale, *b)* breite geteilte.

anastomosieren, so entstehen Maschenwerke, welche elastische Membranen oder elastisches Gewebe darstellen.

Die leimgebenden Bindegewebsfasern quellen in Säuren, namentlich in Essigsäure, bis zur völligen Durchsichtigkeit auf, um so schneller, je koncentrierter die Säure ist, und ebenso quellen sie stark in verdünnten Alkalien, wogegen die elastischen Fasern von diesen Reagentien gar nicht angegriffen werden.

Die zelligen Elemente des lockeren Bindegewebes erscheinen in zwei Formen, als fixe Zellen und als Wanderzellen.

Die Wanderzellen sind in ihrem ganzen Habitus in völliger Übereinstimmung mit den farblosen Blutzellen (Leukocyten) und sie sind auch nur als ausgewanderte Blutzellen zu betrachten.

Unter den fixen Gewebszellen kann man drei Arten unterscheiden, die eine differente Bedeutung besitzen.

Die erste und Hauptform, welche mit der einzigen im geformten Bindegewebe vorkommenden identisch ist, ist meist von sternförmiger Gestalt. Doch tritt dieses Aussehen nicht immer deutlich hervor, häufig vielmehr sieht man nur ovoide oder auch unregelmässig gestaltete Körper im Bindegewebe liegen. Diese ovoiden oder vielmehr sternförmigen Gebilde sind die sogenannten Bindegewebskörperchen: dieselben sind, in gleicher Weise wie die vorhin erwähnten Hornhautkörperchen, mehr als die Zelle. Innerhalb eines Hohlraumes liegt auch hier die Zelle, die der sternförmigen Gestalt jenes Raumes genau angepasst ist. Von dem Bindegewebskörperchen gehen zarte, sich verästelnde Fortsätze aus, die mit den von benachbarten stammenden anastomosieren und so ein Netz von Fortsätzen darstellen. Dieses Netzwerk ist ein Lückensystem, denn die Fortsätze, durch deren Ramification und Anastomosierung es entsteht, strahlen von dem Hohlraume aus, in welchem der Zellkörper gelegen ist. Die Lücken, Saftkanälchen nach v. Recklinghausen, liegen als Spalträume zwischen den Bindegewebsfibrillen, durch deren letzterer Anordnung ihre Gestalt bedingt wird. In den Saftkanälchen sollen Endothelzellen vorkommen.

Die zweite Form der fixen Zellen des lockeren Bindegewebes sind die sogenannten Plasmazellen von Waldeyer. Dieselben übertreffen an Grösse die Wanderzellen, haben eine rundliche, ovale oder spindelförmige Gestalt und besitzen einen grob granulierten Zellleib, von dem spärliche Fortsätze ausgehen. Sie liegen häufig in grösseren Mengen beisammen und finden sich namentlich zahlreich in der Umgebung der Blutgefässe, im sogenannten perivasculären

Bindegewebe, und im Zwischengewebe der Drüsen. Sie nehmen reichlich Fett auf und bilden so einen Übergang zu den Fettzellen.

Die dritte Art der fixen Zellen wird durch die Mastzellen von Ehrlich repräsentiert. Dieselben haben bald rundliche, bald längliche, bald strahlenförmige Gestalt; ihr Zellleib wird von kleinen kugligen Körnern prall erfüllt, die mit basischen Anilinfarben sich intensiv färben, während der stets central gelegene grosse Kern sich in denselben Farbstoffen nicht färbt. Diese Eigenschaft bedingt einen hochgradigen Unterschied von allen übrigen Zellen des Körpers, deren tinctoriale Eigenschaften die gerade entgegengesetzten sind. Die Mastzellen liegen stets isoliert, ihr Vorkommen ist ein ganz unregelmässiges; am häufigsten trifft man sie in senilen oder atrophischen Geweben an, sie zeigen also nicht eine Coincidenz mit einer „Mast", der Name ist daher ganz unglücklich gewählt. Welche Bedeutung diesen Gebilden zukommt, ist zur Zeit noch unklar.

Die fixen Bindegewebszellen der ersten Art können Pigment in sich deponieren und wir treffen dann auf sternförmige Pigmentzellen, z. B. in der Chorioidea (beim Menschen hier allein), im Peritoneum niederer Vertebraten (Figur 6) etc., doch dürfte hieraus, meines Erachtens, nicht die Berechtigung entnommen werden, dieselben als eine besondere Zellart zu unterscheiden.

Das lockere Bindegewebe enthält reichlich Blutgefässe, das geformte niemals.

§ 22. Wenden wir uns nunmehr zur Besprechung des Verhältnisses zwischen Bindegewebszellen und Intercellularsubstanz.

Thatsache ist, dass, je jünger das tierische Individuum ist, dessen Gewebe wir untersuchen, wir ein Überwiegen der Zellen über die Intercellularsubstanz in den Präparaten antreffen, während dagegen mit dem zunehmenden Alter die Intercellularsubstanz an Masse zunimmt und somit das mikroskopische Bild beherrscht, wogegen die zelligen Elemente mehr zurücktreten. Da hat man sich denn seit langer Zeit gefragt, wie wird die Intercellularsubstanz gebildet und wie ist dabei das Verhalten und das Schicksal der Bindegewebszellen? Die Erörterung dieses Problemes an dieser Stelle soll darum erfolgen, weil die Resultate, zu denen wir dabei gelangen werden, auch Giltigkeit haben für die anderen Arten der Bindesubstanzen.

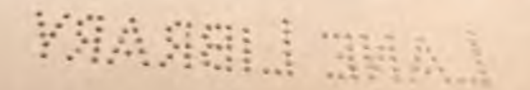
Es existieren im wesentlichen drei Auffassungen über die Frage der Entstehung der Intercellularsubstanzen, die sich schroff gegenüberstehen. Die eine rührt von Schwann her und wird heute mit einiger Modifikation besonders von Waldeyer und Benda vertreten,

die zweite von Henle aufgestellte findet ihren Verteidiger in Ranvier und die dritte weniger beliebte stammt von R. Virchow.

Am leichtesten zu erledigen ist die zweite, die Henle'sche Auffassung. Nach derselben soll die Intercellularsubstanz unabhängig von der Thätigkeit der Zellen durch Sonderung in einem Blastem entstehen. Der Begriff des Blastems als eines amorphen Bildungsstoffes, der bei der Erörterung der Zellbildung ebenfalls eine grosse Rolle spielte und den wir bei unserer heutigen Auffassung nur noch für die Frage der Archigonie oder Urzeugung zulassen, ist ein höchst unglücklicher. Ein Blastem im Tierkörper, unabhängig von Zellen entstanden und der Einwirkung der Zellthätigkeit entzogen, sind wir nicht mehr in der Lage anzuerkennen, wir müssen vielmehr daran festhalten, wie dies auch früher bereits auseinandergesetzt wurde, dass jegliche Substanz, geformte oder ungeformte, flüssige oder feste, welche im tierischen Körper vorkommt, (ausgenommen den Chylus), ein Derivat der Zellen ist. Daher ist es für uns auch eine Unmöglichkeit, ein Blastem im Sinne von Henle für die Bindegewebe zu supponieren; gäbe es ein solches, so könnte es nur als ein Produkt der Thätigkeit der Bindegewebszellen betrachtet werden, ein solches aber nimmt Henle nicht an.

Die erste Theorie, welche von Schwann herrührte, geht von der Auffassung aus, dass die Intercellularsubstanz ein Resultat der Umwandlung des Zellleibes sei, und wird heute nach der Richtung hin vertreten, dass man meint, die Intercellularsubstanz entstünde im Innern des Leibes der Bindegewebszelle. Die dritte von R. Virchow herrührende Anschauung nimmt an, dass durch Sekretion der Zellen die Intercellularsubstanz gebildet werde. Die Gegensätzlichkeit in den beiden letzgenannten Auffassungen ist eine augenfällige. Die erstere glaubt, dass der Zellleib umgewandelt wird, also in seiner Individualität zu Grunde geht, die letztere dagegen supponiert eine Erhaltung der Zellen und betrachtet die Intercellularsubstanz als eine Ausscheidung derselben.

Für Begründung der ersteren Auffassung wird namentlich angeführt, dass mit der Ausbildung der Intercellularsubstanz pari passu eine Verminderung der Zahl der Zellen einhergehen solle. Indessen ist der Nachweis dieser Verminderung niemals positiv erbracht worden, die Verminderung ist, meines Erachtens, nur eine scheinbare. Durch die Vermehrung der Intercellularsubstanz werden die sie bildenden Zellen auseinandergedrängt und ferner wird durch das Wachstum des ganzen Organismus — denn diese Erscheinungen verlaufen im Wesen ante partum —, die Zellmasse selbst dann,



wenn sie sich durch Teilung der einzelnen noch vermehrte, auf einen grösseren Raum verbreitet. Das sind zwei Momente, welche es als ganz natürlich erscheinen lassen, dass im fertigen, straffen wie lockeren, Bindegewebe die Zellen der Intercellularsubstanz gegenüber in den Hintergrund treten. Zudem müsste man annehmen, dass, wenn wirklich der Zellleib in Bindegewebsfibrillen sich umwandelte, diese letzteren selbständig zu wachsen im Stande wären. Denn da jede Zelle kleiner ist, als eine Fibrille lang, so kann die endliche, d. h. im erwachsenen Organismus zu erkennende Ausdehnung der letzteren nicht von der zu Grunde gegangenen, weil umgewandelten, Zelle herrühren. Ein solches Wachstum aber ohne direkte und dauernde Beeinflussung seitens der Zellen dürfte wohl als eine Unmöglichkeit betrachtet werden, denn kein nutritiver und kein formativer Vorgang ist im Körper möglich ohne oder abseits der Thätigkeit der Zellen.

Man hat dann der Virchow'schen Sekretionstheorie geglaubt insoweit entgegenkommen zu müssen, als man eine innere Sekretion zuliess. Der Begriff der inneren Sekretion ist ein ganz unklarer und, wie mir scheint, mit dem, was man unter Sekretion zu verstehen hat, in schneidendem Widerspruche. Unter Sekretion, im Gegensatze z. B. zur Verhornung, versteht man die Hervorbringung flüssiger oder fester Teile durch die Thätigkeit der Zellen, die dabei erhalten bleiben, nicht zu Grunde gehen; das Hervorgebrachte wird dann, wie bei den flüssigen Sekreten, aus dem Körper ausgestossen, oder kann, wie bei den festen Sekreten, um die es sich hier handelt, im Körper verbleiben und behält in diesem Falle seine Beziehungen zur zelligen Matrix bei. Immer aber wird das Sekret aus dem Zellleibe herausgeschafft, niemals bleibt es im Zellleibe darin. Wenn ein Produkt der Zellthätigkeit im Innern der Zelle aufgespeichert wird, dann sprechen wir nicht mehr von einer Sekretion, die Erzeugung z. B. von Pigment oder Fett im Innern einer Zelle ist kein sekretorischer Vorgang. Das wäre die Widerlegung der „inneren" Sekretion von dem einen Gesichtspunkte aus. Der zweite, von dem aus man diesen Begriff noch fassen könnte, bedarf keiner besonderen Erörterung, nämlich der Gesichtspunkt, dass man als „innere" Sekretion einen im Innern der Zelle sich vollziehenden Vorgang betrachtet. Jede Thätigkeit der Zelle ist eine innere, gleichgiltig, ob das Resultat der Thätigkeit sich nach aussen ablagert, wie bei der Sekretion, oder im Innern bleibt, wie bei der Pigment- und Fettbildung, oder ob das Resultat in für uns morphologisch wahrnehmbarer Form an der Zelle gar nicht in die Erscheinung tritt.

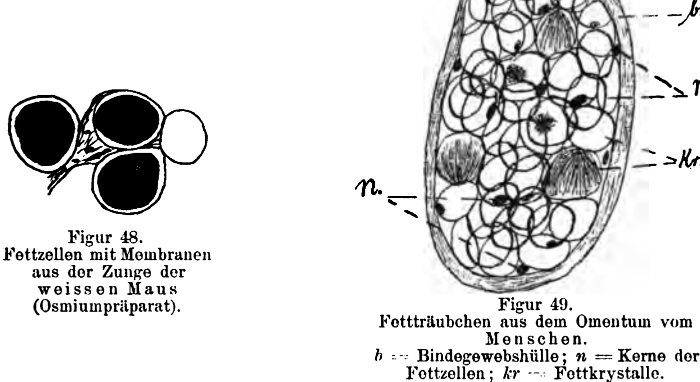
Daher meine ich, müssen wir wie den Begriff der „inneren“ Sekretion so auch die ganze Schwann'sche Auffassung fallen lassen, und es bleibt uns nur die mit dem Wesen der Zellenlehre allein vereinbare Virchow'sche Theorie übrig. Denn wenn wir als den springenden Punkt der Zellenlehre festhalten, dass die Zellen nicht blos die letzten morphologischen sondern auch die letzten physiologischen Einheiten des Körpers sind, so werden wir nicht umhin können, die Virchow'sche Theorie, dass die Intercellularsubstanzen ein Produkt der sekretorischen Thätigkeit der Bindegewebszellen sind, als die mit der Zellenlehre allein übereinstimmende zu betrachten. Wohl giebt es Prozesse im Körper, bei denen sich die Zelle selber umwandelt, (Verhornung z. B.), dann aber bleibt das Umwandlungsprodukt nie im Zusammenhang mit dem Körper, sondern wird stets abgestossen und die so verloren gegangenen Zellen werden durch neue, durch Teilung entstandene ersetzt; um einen solchen Prozess handelt es sich aber bei der Bildung der Intercellularsubstanzen nicht.

Ich nehme also mit R. Virchow an, dass die Intercellularsubstanz ausschliesslich durch Sekretion der Bindegewebszellen entsteht. Daraus folgt, dass bei diesem Bildungsmodus kein Zugrundegehen der Zellen statt hat und dass ferner im fertigen Organismus die Bindegewebszellen allein die gesamten vegetativen Vorgänge im Bindegewebe beherrschen. Mögen die Saftlücken Recklingshausens Lymphbahnen sein und dadurch Ernährungsflüssigkeiten durch das ganze Bindegewebe verbreiten: eine selbständige Vita kommt der Intercellularsubstanz nicht zu. Die Zellen assimilieren die Nahrung und erhalten dadurch die Vitalität des ganzen Gewebes; sie allein können die Ernährung des Gewebes regulieren und sie allein sind aktiv bei allen normalen und krankhaften Vorgängen desselben beteiligt. Das Gewebe selber, d. h. die Intercellularsubstanz verhält sich unter allen Umständen und unter allen Bedingungen passiv. Eine solche Auffassung ist meines Erachtens ein logisches Postulat aus der Annerkennung der Zellenlehre. Es ist offenbar ganz gleichgiltig, ob das Tempo der vitalen Prozesse, Nutrition und Formation, ein schnelles, oder, wie in den Bindesubstanzen, ein langsames ist; immer wird dasselbe reguliert und hängt ab von den im Gewebe vorhandenen Zellen.

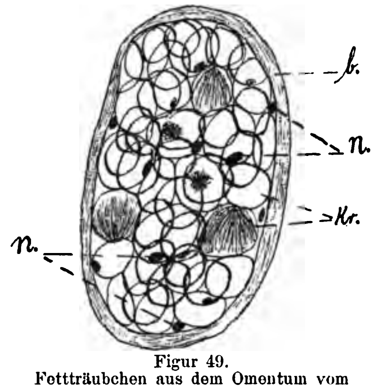
Was hier von dem Bindegewebe sensu strictiori gesagt wurde, das gilt mutatis mutandis auch von den übrigen Formen der Bindesubstanzen überhaupt. Was bei den letzteren als besonders merkwürdig und abweichend hervorzuheben ist, wird an geeigneter Stelle Erwähnung finden.

2. Fettgewebe.

§ 23. Die Plasmazellen, die zweite Art der im vorigen Abschnitte erwähnten fixen Zellen des lockeren Bindegewebes haben die Eigentümlichkeit, dass sie sich mit Fett anfüllen können. Die Fettablagerung, für die ebenfalls die unglückliche Bezeichnung der „inneren Sekretion" angewendet wird, deutet offenbar darauf hin, dass die Zellen aus dem ihnen zugeführten Nährmateriale nur einen Teil für ihre Erhaltung bedürfen, den anderen Teil dagegen als Depot in sich aufspeichern. Je reichlicher nun eine solche Deponierung erfolgt, um so massiger wird das Fett, das den plasmatischen Zellleib mit dem Kerne in eine Ecke des Zellkörpers zurückdrängt. Die Fettzellen oder richtiger die fetthaltigen Zellen sind alle von einer



Figur 48.
Fettzellen mit Membranen aus der Zunge der weissen Maus (Osmiumpräparat).



Figur 49.
Fettträubchen aus dem Omentum vom Menschen.
b = Bindegewebshülle; *n* = Kerne der Fettzellen; *kr* = Fettkrystalle.

Membran umgeben, so dass sie nie in einander übergehen, sondern immer, wie man auch nach chemischer Entfernung des Fettes sehen kann, von einander getrennt bleiben. Die stets sehr grossen Fettzellen sind häufig zu Fettträubchen oder Fettläppchen zusammengefasst; dies zeigt sich namentlich an dem Fettgewebe der Haut des Menschen und derjenigen Wirbeltiere, welche ein stark entwickeltes Fettpolster (Panniculus adiposus) besitzen. In kadaverös verändertem Fettgewebe trifft man häufig Krystalle, und zwar Margarinkrystalle.

Das Fettgewebe ist ausserordentlich reich vascularisiert, fast jede einzelne Zelle ist von einer Kapillarschlinge umgeben: eine Thatsache, welche darauf hinweist, dass die Ernährungsvorgänge im Fettgewebe ungemein rege sein müssen.

Bei den im freien Naturzustande lebenden Tieren, wenn wir von manchen Fischen und den Cetaceen, die ein ständiges, stark

entwickeltes Fettpolster haben, absehen, hat die Fettansammlung die Bedeutung der Aufspeicherung von Reservenährstoffen. Besonders klar tritt dies bei Tieren mit sogenanntem Winterschlaf hervor. Hier ist eine mächtige Fettmasse im Frühling und Sommer aufgesammelt worden, von der das Tier in der Jahreszeit, in der es keine Nahrung zu sich nehmen kann, zehrt. Im Frühjahr sind diese Tiere dann wieder bedeutend abgemagert, fast alles Fett ist verschwunden, ist, wie man sich ausdrückt, resorbiert worden.

Beim Menschen ist ein Fettmangel stets als eine abnorme Erscheinung zu betrachten, unter physiologischen Verhältnissen ist das Fettgewebe stets mehr oder weniger reichlich entwickelt. Ausser unter der Haut kommt das Fett bei Menschen und Tieren in und zwischen allen Geweben und Organen in Form von einzelnen Zellen oder dichten Läppchen vor, es füllt die normal vorhandenen Lücken aus und bedingt durch seine Anwesenheit bei dem menschlichen Weibe die zarte Rundung der Formen.

Die Ausbildung des Fettgewebes, die nur unter besonderen pathologischen Verhältnissen einen excessiven Grad erreicht, ist nicht zu verwechseln mit der Verfettung; letztere ist stets ein pathologischer Vorgang. Während bei jener in besonderen Bindegewebszellen Fett deponiert wird, tritt bei dieser ein fettiger Zerfall der Zellen anderer Gewebe ein, wodurch allmählig, wenn der Prozess lange genug andauert, eine Funktionsunfähigkeit der Zellen und damit der betreffenden Gewebe und Organe bedingt wird. Beim Fettgewebe erfüllt ein homogener Fetttropfen die Zelle, bei der Verfettung ist das Fett in Form von Körnchen in den Zellen, Geweben und Organen mehr oder weniger reichlich vorhanden.

3. Schleimgewebe.

§ 24. Diese Form des Bindegewebes kommt im ausgebildeten tierischen Organismus nur im Glaskörper des Auges vor, und zwar auch nur in umgewandelter Form. Man trifft hier rundliche oder ovoide Zellen, die bald dicht bald weit von einander — diese Schilderung ist dem embryonalen Glaskörper entnommen — und in einer durch die, zur Vorbereitung der Untersuchung verwandten, fixierenden und erhärtenden Reagentien fädig geronnenen Grundsubstanz liegen. Embryonal findet sich das Schleimgewebe an Stelle des Unterhautfettgewebes und bildet ferner als sogenannte Wharton'sche Sulze den Hauptbestandteil des Nabelstranges, mit dessen Verschwinden post partum auch



Figur 50. Schleimgewebe mit Zellen aus dem Glaskörper eines Kaninchenfoetus (nach einem Präparate von Dr. Katzenstein).

das Gewebe spurlos verschwindet. Sehr reich entwickelt und ein ständiges Gebilde des Organismus darstellend ist das Schleimgewebe bei Wirbellosen; so ist z. B. der Gallertschirm der craspedoten und acraspeden Medusen nichts weiter als ein mächtig entwickeltes Schleimgewebe.

Die Zellen dieses Gewebes, wie es sich bei Vertebraten darstellt, sind von spindeliger oder sternartiger Gestalt, sie haben einen mit einem oder zwei Nucleolen versehenen central gelegenen Kern und hängen unter einander durch Ausläufer zusammen. So entsteht ein Reticulum, ein zelliges Maschenwerk, in dessen Räumen die schleimige Intercellularsubstanz gelegen ist, die auch hier als ein Sekretionsprodukt der Zellen betrachtet werden muss.

4. Reticuläre Bindesubstanz.

§ 25. Es ist sehr fraglich, ob das Gewebe, das wir als reticuläres Bindegewebe bezeichnen, zu den Bindesubstanzen gerechnet werden darf. Entwickelungsgeschichtlich scheint das reticuläre Gewebe einen ganz anderen Ursprung zu haben, wie die anderen Bindesubstanzen. Während letztere, wie bereits bemerkt, aus mesodermalen Bildungen, den sogenannten Urwirbeln, sich differenzieren, glaubt man für die Entstehung des reticulären Gewebes das Ectoderm in Anspruch nehmen zu müssen. Würde dies so sicher bewiesen sein, wie die mesodermale Bildung des Bindegewebes, dann bestünde allerdings zwischen reticulärer und den übrigen Bindesubstanzen ein so fundamentaler Unterschied in der Genesis, dass er bei einer morphologischen Schilderung sicher nicht bei Seite gelassen werden dürfte. Das hier zu behandelnde Gewebe wäre dann nicht mehr den Intercellularsubstanzen, sondern den Epithelgeweben zuzurechnen. Eine Stütze hat diese Auffassung in der ganzen Struktur des Gewebes.

Eine gewöhnliche Intercellularsubstanz, wie wir sie beim Bindegewebe s. str. kennen gelernt haben, kommt beim retikulären Gewebe nicht vor. Wir finden nämlich ein Netzwerk, das von Bälkchen ungleicher Dicke gebildet wird, die sich in unregelmässiger Weise durchflechten und dadurch unregelmässige und ungleich grosse Maschen bilden. Dieses Netzwerk, Reticulum (daher der Name des Gewebes), erstreckt sich nach allen Richtungen des Raumes und bekommt dadurch ein schwammiges Aussehen, so an das Bindegewebe bei Mollusken lebhaft erinnernd, bei welch letzterem Tiertypus das Gewebe seit Max Schultze als spongiöses Gewebe bezeichnet wird. In den Knotenpunkten des Netzwerkes finden sich Verbreiterungen, welche plasmatisch gekörnt sind und einen Kern enthalten. Dieses sind also die Zellen des retikulären Gewebes; aus

der Lagerung derselben geht hervor, dass die Bälkchen, welche das Reticulum bilden, als Fortsätze der Zellleiber zu betrachten sind. Wir haben darnach verästigte Zellen vor uns, deren Äste sich in sehr feine Zweige teilen und mit denen der benachbarten Zellen so innig zusammenhängen, dass eine Abgrenzung der Zellen von einander, die Erkennung der einzelnen Zellterritorien nicht möglich ist. Die Bälkchen sind als direkte Fortsetzungen des Zellleibes, nicht als Sekretions- oder gar Umwandelungsprodukte desselben zu betrachten und das ganze Maschenwerk besteht darnach, wie oben bereits bemerkt, nicht aus Intercellularsubstanz, sondern ist integrierender Bestandteil der Zellen selber.

Die vorstehende Schilderung des Baues der reticulären Substanz schliesst sich den gang und gäben Vorstellungen an und würde geeignet sein, die Entfernung der Substanz aus dem Kapitel der Intercellularsubstanzen zu rechtfertigen, wenn sich die Richtigkeit der oben erwähnten entwickelungsgeschichtlichen Angaben bestätigt. Blos aus morphologischen Gründen kann eine solche Aussonderung nicht vorgenommen werden, ebenso wenig wie ausschliesslich histiogenetische Thatsachen als massgebend betrachtet werden dürfen.

Dazu kommt noch, dass in jüngster Zeit Auffassungen über das reticuläre Gewebe aufgetaucht sind, welche, wenigstens für den einen Ort des Vorkommens desselben, die obige Darstellung nicht als völlig zutreffend erscheinend. Nach Ranvier und Weigert nämlich ist das Reticulum der Lymphknoten in keinerlei Zusammenhange mit dem Zellkörper, jedenfalls nicht in solch' inniger Verbindung, dass die einzelnen Stränge als direkte Fortsetzungen des Zellleibes zu betrachten wären. Vielmehr wären die Stränge nur Produkte der sekretorischen Thätigkeit der Zellen, also wie die Fibrillen des Bindegewebes s. str. als Intercellularsubstanz zu deuten. Ferner sollen die Fibrillen der reticulären Substanz einen Belag von endothelioiden Zellen besitzen, wie man dies auch für die Bindegewebsfribillen behauptet hat. Damit allerdings, falls diesen Angaben eine unbedingte thatsächliche Geltung zukäme, wäre die Analogie der reticulären Substanz der Lymphknoten und des gewöhnlichen Bindegewebes (und hier vielleicht auch die Homologie) eine vollkommene. Über die definitive Stellung der uns jetzt beschäftigenden Gewebsart werden zukünftige Untersuchungen die Entscheidung bringen müssen.

An zwei Stellen im Körper kommt das reticuläre Gewebe vor; die eine ist bereits erwähnt, es sind die Lymphknoten und alles das, was mit denselben in Beziehung steht, nämlich: Milz, Thymus, Knochenmark. Der zweite Ort ist das Centralnervensystem. Im letzteren

bildet es die Neuroglia oder den Nervenkitt von R. Virchow, stellt mit anderen Worten die Stützsubstanz des Centralnervensystems dar. In ihren Maschenräumen, die in der grauen Substanz (cfr. Nervensystem) sehr fein sind und auf einen sehr komplicierten Bau hinweisen, liegen die Ganglienzellen und die Nervenfasern. Am ersteren Orte, den Lymphdrüsen, finden sich in den Maschen, die weniger fein und weniger kompliziert sind als im Centralnervensystem, die Lymphzellen. Man begreift das reticuläre Bindegewebe mit den Lymphzellen auch unter dem Namen des lymphadenoiden, cytogenen oder conglobierten Gewebes.

Das reticuläre Gewebe ist, wie aus dem Gesagten hervorgeht, ausschliesslich ein Stützgewebe und ist daher auch der Träger der Blutgefässe der Organe, in denen es vorkommt.

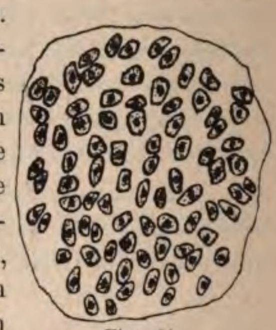
5. Knorpelgewebe.

§ 26. Die Intercellularsubstanz dieses Gewebes ist dadurch ausgezeichnet, dass sie beim Kochen eine besondere Art von Leim, den Knorpelleim oder Chondrin, liefert. Hierdurch unterscheidet sie sich chemisch auf das schärfste von den übrigen Bindesubstanzen. Ein fernerer, aber morphologischer Unterschied besteht nach der landläufigen Auffassung darin, dass die Zellen des Knorpelgewebes, deren mikroskopische Eigentümlichkeiten noch zu erörtern sein werden, einen embryonalen Charakter beibehalten haben. Es soll damit gesagt sein, dass die Zellen, sofern sie nicht senilen Veränderungen unterlegen sind, sich von den Zellen der übrigen Bindesubstanzen durch ihren grösseren Reichtum an Zellsubstanz und durch die Fähigkeit, auch im fertigen Organismus in der Norm sich zu teilen, auszeichnen. Indessen so richtig die Thatsache im allgemeinen ist, so kann sie doch, meines Dafürhaltens wenigstens, nicht in dem Sinne verwertet werden, dadurch einen Gegensatz zwischen Knorpelzellen und den Zellen der übrigen Arten des Bindegewebes zu konstruieren. Offenbar ist ein solcher Gegensatz nur darum aufgestellt worden, weil man den Zellen der anderen Bindesubstanzen nur eine Vita minima glaubte zuschreiben, namentlich deren aktive Beteiligung an allen Lebensvorgängen läugnen zu sollen. Da eine solche Auffassung aber nicht zu Recht besteht, wie wir früher gesehen haben, so fällt auch der auf dieselbe aufgebaute Gegensatz fort.

Wir unterscheiden drei Arten von Knorpelgewebe und zwar basiert der Unterschied auf der differenten Beschaffenheit der Intercellularsubstanz, des eigentlichen Knorpelgewebes, während das

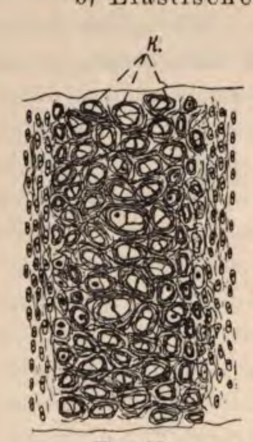
Verhalten der Zellen ein im wesentlichen übereinstimmendes ist. Die drei Knorpelarten sind a) hyaliner, b) elastischer, c) Bindegewebs-Knorpel.

§ 27. a) Hyaliner Knorpel. Die Grundsubstanz desselben erscheint bei mikroskopischer Betrachtung, ohne Anwendung eingreifender chemischer Mittel, durchaus homogen. Sie ist in dünnen Schichten glashell und vollkommen durchsichtig, in dicken milchweiss oder bläulichweis und so fest, dass sie sich bequem mit einem Rasiermesser in dünne mikroskopische Schnitte zerlegen lässt. Die weitaus grösste Mehrzahl aller Knorpel, namentlich diejenigen, welche, wie an den Gelenken, starken Druckwirkungen und beträchtlichen Reibungen ausgesetzt sind, wird durch hyalinen Knorpel dargestellt. Wir finden diese Knorpelart als Überzüge der Gelenkenden der Knochen, in der Luftröhre und in den Bronchen, wo sie das schützende Gerüst darstellen, an den Enden der Rippen bei jugendlichen Individuen, in den meisten Knorpeln des Kehlkopfes und im Embryo als transitorischen Knorpel überall da, wo beim erwachsenen Individuum Knochen vorhanden ist.



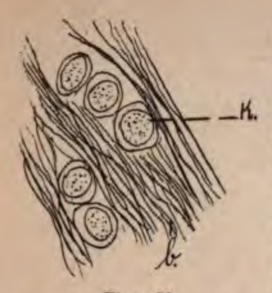
Figur 51.
Hyaliner Knorpel vom Gelenküberzuge des Femur des Kaninchens.

b) Elastischer Knorpel, auch Netz- oder Netzfaserknorpel genannt. Der Unterschied von der vorigen Art beruht darauf, dass in die homogene Grundsubstanz elastische Fasern eingebettet sind, die bald von feiner bald von gröberer Beschaffenheit zu einem dichten Filze unter einander verflochten sind. Dadurch ist das milchweisse Aussehen, wie es der hyaline Knorpel darbietet, verschwunden; der Knorpel erscheint opak, gelblich und besitzt eine zähe, elastische Beschaffenheit. Diese Knorpelart findet sich überall da, wo ein starker Zug ausgeübt wird; man trifft sie in der Epiglottis, der Ohrmuschel und in einigen Kehlkopfknorpeln, nämlich den Santorini'schen, Wrisberg'schen und zum Teil auch in den Aryknorpeln.



Figur 52.
Netzknorpel von der Ohrmuschel des Meerschweinchens.
k = Knorpelkapseln.

c) Bindegewebsknorpel oder Faserknorpel. Das Charakteristische dieser Knorpelart besteht darin, dass gewöhnliche, leim-



Figur 53
Bindegewebsknorpel aus einer Zwischenwirbelscheibe.
k = Knorpelzellen; b = Bindegewebsfasern.

gebende Bindegewebsfasern, die in regelmässigen Zügen angeordnet sind, die Grundsubstanz bilden. Hierdurch ist die Consistenz des Knorpels eine sehr weiche und, da der Gehalt an Bindegewebsfasern ein sehr wechselnder ist, eine sehr ungleiche. Je mehr Fasern vorhanden sind, um so mehr nähert sich der Knorpel dem gewöhnlichen Bindegewebe. Er findet sich da, wo die Weichteile einer leichten Stütze bedürfen, so in den Augenlidern, und da, wo starker Druck durch ein Polster oder eine Art Puffer gemildert werden soll, nämlich in den Menisken und den Labra cartilaginea der Gelenke und in den Zwischenwirbelscheiben, hier allerdings mit hyalinem Knorpel untermischt.

§ 28. Betrachten wir nunmehr die Zellen des Knorpelgewebes.

Wenn wir mikroskopische Durchschnitte durch hyalinen und elastischen Knorpel betrachten (der Faserknorpel kann bei den folgenden Erörterungen ausser Betracht gelassen werden), so sehen wir bei höheren Tieren, ähnlich wie beim Bindegewebe, ein Überwiegen der Intercellularsubstanz über die zelligen Elemente, während bei niederen Tieren — es handelt sich hier ausschliesslich um Vertebrata — die zelligen Elemente auch im ausgewachsenen Zustande der Individuen das Übergewicht haben. Man kann den hyalinen Knorpel der letzteren als einen an Grundsubstanz armen Knorpel betrachten. Dieses Überwiegen der Zellen, das soeben hervorgehoben wurde, und der damit verbundene grössere Umfang derselben gestattet aber, die feineren Verhältnisse der Substanz der Knorpelzellen besser zu übersehen, als dies bei den Knorpeln der höheren Tiere der Fall ist, die Schilderung der bei niederen Vertebraten zu beobachtenden Thatsachen soll daher der Besprechung des bei den Säugern zu Erkennenden voraufgehen.



Figur 54.
Schnitt durch den Kopfknorpel vom Neunauge.

Am Kopfknorpel des Neunauges (Petromyzon fluviatilis) z. B. wird die Mitte des mikroskopischen Bildes von grossen Zellen eingenommen, während zu beiden Seiten, dem sogenannten Perichon-

drium zu, nur kleine Zellen gelegen sind. Während die grossen in der Mitte befindlichen Zellen meist von kubischer oder unregelmässig polyedrischer Gestalt sind, werden nach den Seiten zu die Zellen zunächst pyramidenartig und dann, in der Nähe der umhüllenden Weichteile, spindelförmig. Jene liegen unregelmässig durch, über und nebeneinander (in der Figur ist nur eine Lage Zellen gezeichnet, die erwähnte Gruppierung ist daher nicht deutlich), diese sind regelmässig und zwar so angeordnet, dass ihre längste Axe parallel verläuft mit der Längsaxe des ganzen Knorpels. Die Zellen sind alle von einer Kapsel umgeben, deren scharfer, auch nach Färbung sehr deutlich hervortretender Kontur sich klar gegen die matte bez. nur wenig gefärbte (durch Farbstoffe) Grundsubstanz absetzt. Die meisten der grossen und von den kleinen alle pyramidenförmigen Zellen haben zwei Kerne, die kleinen spindelförmigen enthalten dagegen nur einen Kern. Während derselbe bei den kleinen Zellen stets in der Mitte der Längsaxe gelegen ist, liegen die Kerne der übrigen Zellen in ganz wechselvoller Weise in dem von der Knorpelkapsel umschlossenen Raume. Sind zwei Kerne vorhanden, so finden sie sich in den weitaus meisten Fällen dicht neben einander. Um die bald central bald excentrisch gelegenen bald der Kapselwand dicht angedrückten Kerne ist die Zellsubstanz, also Proto- und Paraplasma, sehr dicht. Sie erscheint zart granuliert und man hat stellenweise den Eindruck, dass die Körnchen, welche offenbar nur der optische Ausdruck des Netzes der Filarsubstanz sind, mit den Altmann'schen Granula aber nichts zu thun haben, um den Kern herum konzentrisch angeordnet sind. Von der dichteren Stelle gehen feine Strahlungen der Zellsubstanz nach allen Richtungen ab, die sich an der Kapselwand meist wieder zu einer gleichmässigen Plasmalage vereinigen. Diese Strahlungen geben zarte Stränge ab, die unter einander sich vereinigen und so entsteht um den Kern herum, bez. von ihm ausgehend, ein plasmatisches Maschenwerk, das ungleich grosse und unregelmässig verteilte Maschen einschliesst, in denen ein Inhalt nicht zu erkennen ist. Es soll noch einmal hervorgehoben werden, dass die Stränge dieses Netzes aus Protoplasma und Paraplasma, oder Filarsubstanz und Interfilarsubstanz, bestehen.

Von den kleinern Zellen haben die pyramidenförmigen ebenfalls ein deutlich granuliertes Plasma, das aber die eben beschriebene Netzzeichnung nicht erkennen lässt, sondern dicht um den Kern gelagert ist und meist einer Wand der Kapsel sich angeschmiegt hat. In den spindelförmigen Zellen ist die Zellsubstanz ganz gleichmässig in dem kleinen, von der Kapsel umschlossenen Raume verteilt.

Die Zwischenräume, welche zwischen den grossen Zellen der Mittelregion der Knorpelscheibe sich finden, sind sehr schmal, während sie sich nach den Seiten zu zwischen den kleinen Zellen allmählig verbreitern, die in der Mitte nur gering entwickelte Intercellularsubstanz wird also allmählig mächtiger bei gleichzeitiger Grössenabnahme der Zellen.

Zu erwägen wäre noch die Bedeutung der zweikernigen Knorpelzellen. Offenbar haben wir hier das Resultat eines Teilungsvorganges vor uns, der nicht, wie das sonst der Fall ist, zu einer Bildung zweier getrennter Zellen geführt hat, sondern bei dem die Zellleiber auch nach der Kernteilung vereint geblieben sind, soweit sich dies an den mir vorliegenden Präparaten überhaupt erkennen lässt. Die Unnachgiebigkeit der Knorpelkapsel hat eine völlige Zweiteilung verhindert, es hat also eine sogenannte endogene Zellvermehrung stattgefunden.

§ 29. Über die Zellen des Knorpelgewebes der höheren Vertebraten ist das Folgende auszusagen.

In Embryonen ist die Gestalt derselben eine rundliche, während sie im Knorpel der erwachsenen Individuen meist eine unregelmässige ist. Im Gelenkknorpel trifft man eckige, mit drei und mehr Spitzen versehene Zellen an, bei denen aber eine Axe immer als die Hauptaxe betrachtet werden kann.



Figur 55.
Schnitt durch den Knorpel der Trachea der Katze.
k = Knorpelzellen; k_1 = sekundäre Knorpelkapsel; n = Kerne der Knorpelzellen; e = Aussenfläche der Trachea.

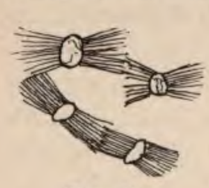
Im Trachealknorpel bei Säugern ist die Gestalt der Knorpelzellen, wie man aus der Form der Kapsel erkennen kann, häufig eine spitzovoide oder auch eine längliche; dabei ist die Richtung der längsten Axe unverkennbar so, dass sie parallel der Queraxe des ganzen Knorpels steht: d. h. für die Trachea, die Axe der Zellen ist in der Richtung von innen nach aussen orientiert. Dies tritt ganz besonders deutlich hervor, wenn man die noch später zu erwähnenden kleinen, peripher gelegenen und spindelförmig aussehenden Zellen in der Nähe des Perichondrium betrachtet. Die Längsaxe dieser Gebilde steht senkrecht auf der der vorigen und zwar derartig, dass sie parallel mit der Circumferenz des Knorpels verläuft. Das letztere wird verständlich, wenn wir uns erinnern, dass an der Trachea die

Knorpel Ringe bez. Halbringe bilden; koncentrisch zu dem Ringe ist also der Verlauf der Axe der kleinen Knorpelzellen. Im Netzfaserknorpel liegen die Verhältnisse ganz ähnlich, wie ein Blick auf Figur 52 lehrt. Auch hier findet sich die Richtung der Knorpelzellen im allgemeinen quer zur Axe des Knorpels und nur die kleinen Randzellen verlaufen parallel derselben.

Der Zellleib der Knorpelzellen ist zart granuliert; doch lässt sich seine Struktur an mikroskopischen Präparaten nicht gut erkennen, einmal weil er sehr vulnerabel ist, d. h. sehr leicht kadaverösen Veränderungen unterliegt, und dann weil Knorpel im allgemeinen schwer gut zu histologischen Zwecken zu konservieren ist. Die kugeligen Kerne liegen meist central, zeigen eine zarte Granulierung und enthalten ein oder mehrere deutliche Nucleolen. Gewöhnlich trifft man in einer Zelle nur einen, selten zwei Kerne.

In den Knorpelzellen ist häufig Fett anzutreffen, das in Form von ein oder zwei kleinen Tropfen an den Polen der Hauptaxe gelagert ist; ausserdem findet sich auch gelegentlich Pigment vor, das als umgewandelter Blutfarbstoff zu deuten ist. Durch Jod kann man zuweilen die Knorpelzellen braunrot färben, was auf eine Anwesenheit von Glycogen hindeutet.

Im Patellarknorpel der höheren Tiere trifft man anastomosierende Knorpelzellen an; es findet sich also hier ein die hyaline Substanz durchsetzendes Saftlückensystem vor. An den anderen hyalinen Knorpeln lässt sich dieses System ohne weiteres nicht erkennen; es bedarf vielmehr zu seinem Nachweise eingreifender chemischer Proceduren. Bei längerer Behandlung mit Schwefeläther erhält man Bilder, die auf ein solches Saftkanalsystem hindeuten, vorausgesetzt, dass man die Resultate so schwerer Eingriffe in die Struktur eines Gewebes überhaupt für histologische Erkenntnis verwerten darf. Man sieht nämlich an den geschrumpften Knorpelzellen in polarer Gegenstellung Bündel von feinen, streifenförmigen Lücken ausgehen, die das Gewebe durchsetzen und mit den von benachbarten Lücken kommenden sich vereinigen.



Figur 56.
Hyaliner Knorpel vom Hunde, nach Behandlung mit Aether zur Deutlichmachung der Saftkanälchen.

Die Zellen des hyalinen wie des elastischen Knorpels liegen in Kapseln, welche durch Färbung deutlich gemacht werden können. Im hyalinen Knorpel findet man bei Tieren fast stets nur eine Zelle in einer Kapsel, wenn auch gelegentlich mehrere Zellkapseln von einer sekundären gemeinsamen Kapsel umschlossen sind (Fig. 55). Häufig ist dagegen das Vorkommen von mehreren Zellen in einer Kapsel in

den Rippenknorpeln älterer Menschen und im elastischen Knorpel. Im letzteren (Figur 52) trifft man zwei, drei und vier Zellen in gemeinsamer Kapsel, bei Menschen sind bis zehn und mehr Zellen in dieser Weise zusammengefasst; es hat also eine ziemlich lebhafte endogene Zellteilung und -vermehrung stattgefunden.

Die Kapseln des elastischen Knorpels lassen wie die Grundsubstanz die Einlagerung von elastischen Fasern deutlich erkennen, und man kann dabei gleichzeitig wahrnehmen, wie von dieser Kapsel zarte elastische Fäden sich trennend zwischen die den Kapselraum erfüllenden Zellen einschieben, so gewissermassen Specialkapseln um jede einzelne Zelle bildend.

Im hyalinen Knorpel sind die Kapseln bei den höheren Tieren sehr viel breiter, als bei niederen Vertebraten, und werden, wie bereits bemerkt, leicht kenntlich dadurch, dass sie sich gut mit den für mikroskopische Zwecke gebräuchlichsten Farbstoffen imprägnieren. In Haematoxylin werden sie intensiv dunkelblau, während die Grundsubstanz nur ein blassblaues Colorit angenommen hat, in basischen Anilinen färben sie sich mit der gesammten Grundsubstanz ausserordentlich intensiv, in Safranin z. B. violett, bei Doppelfärbung, z. B. Orange-Haematoxylin, geht nur der eine Farbstoff, und zwar das Haematoxylin, an den Knorpel heran. Diese tinctorialen Eigenschaften des hyalinen Knorpels, die beim elastischen gar nicht oder nicht in dieser Deutlichkeit zu konstatieren sind, sind offenbar in engem Zusammenhange mit der chemischen Reaktion der Kapseln und sind — das ist das Merkwürdige und Interessante dabei — die gleichen, wie die des Mucins. Der letztere chemische Körper, welcher ein Produkt der sekretorischen Thätigkeit der Zellen ist, färbt sich mit den eben erwähnten Färbemitteln in genau derselben Nüance, wie der hyaline Knorpel. Diese Thatsache, die sicherlich von grosser Bedeutung für die Chemie der betreffenden Gebilde ist, kann hier nur erwähnt, nicht erschöpfend diskutiert werden. Nur eine Folgerung, die wir aus derselben ziehen dürfen, soll hervorgehoben werden. Es dürfte aus den erwähnten Thatsachen nämlich der Schluss gezogen werden können, dass die Knorpelkapsel und die Grundsubstanz zwei verschiedene Gebilde sind. Jedoch ist diese Folgerung nur cum grano salis aufzunehmen. Gemäss unserer ganzen Auffassungsweise, die wiederholt näher dargethan worden ist, ist die Grundsubstanz des Knorpels ein Produkt der Thätigkeit der Knorpelzellen, und zwar, nach der hier adoptierten R. Virchow'schen Theorie, ein Produkt der sekretorischen Thätigkeit. Demnach können die Verschiedenheiten, welche die Kapseln und die Grundsubstanz darbieten, nicht

spezifische, sondern nur graduelle sein, d. h. mit anderen Worten: die Grundsubstanz ist eine mehr oder minder modifizierte Kapselsubstanz, und da letztere der Zelle näher ist als erstere, also noch in innigerer Beziehung zu derselben steht, so wird sie als ein jüngeres Sekretionsprodukt betrachtet werden müssen. Die angeführten tinctorialen Differenzen, die, wie auch die Figur 55 von der Trachea der Katze evident zeigt, sehr scharf hervortreten, sind also auf eine durch Altersverschiedenheiten bedingte Affinität zu den Farbstoffen zurückzuführen. Und in der That kann man, allerdings nur durch Anwendung eingreifender Chemikalien, darthun, dass die Grundsubstanz aus zahlreichen Kapseln besteht, die in einander geflossen sind.

Diese direkte Herkunft der Grundsubstanz des Knorpels von den Zellen lehrt, dass die ganzen Stoffwechselvorgänge, welche in diesem Gewebe statt haben und die, da die Knorpel zu den wenigen Gebilden im tierischen Körper gehören, die keine Gefässe besitzen, nur sehr geringfügiger Natur sein können, ausschliesslich unter dem Einflusse der Zellthätigkeit ablaufen. Das Wachstum des Knorpels ist nur möglich, wenn immer neue Kapseln dicht um die Zellen abgesondert werden und die alten in der Grundsubstanz verschwinden.

§ 30. Diejenigen hyalinen Knorpel, welche die Gelenkenden der Knochen überziehen oder welche direkt an einen Knochen anstossen, haben keine besondere Umhüllungshaut, alle übrigen Knorpel dagegen, hyaline und elastische, sind von einer solchen Haut umgeben, die man als Knorpelhaut oder Perichondrium bezeichnet. Dieselbe liegt den Knorpeln fest an und besteht aus derben Bindegewebsfibrillen, die sich in allen Richtungen des Raumes kreuzen, also ein lockeres Bindegewebe darstellen. Die Anwesenheit dieser Umhüllungshaut, des Perichondrium, übt einen richtenden Einfluss auf die Axen der Knorpelzellen, wie dies oben für den hyalinen und den elastischen Knorpel schon mehrfach hervorgehoben wurde (cfr. Fig. 52, 54 und 55). Der Einfluss äussert sich, allgemein ausgedrückt, darin, dass, während im Centrum des Knorpels die Zellen so geordnet sind, dass ihre Axen dem Dickendurchmesser des Knorpels parallel liegen, dem Perichondrium zu die Axen sich gewissermaassen aufrichten und nunmehr parallel zur Längsaxe des betreffenden Knorpels verlaufen. Dabei werden die Zellen zu gleicher Zeit kleiner und es geht allmählig, ohne dass im mikroskopischen Präparate eine scharfe Grenze sich kenntlich macht, das Knorpelgewebe in das Perichondrium über. An der Epiglottis ist die Schicht der längsgestellten Zellen schmal.

§ 31. Von Interesse sind die senilen Veränderungen im hyalinen Knorpel, wie sie beim Menschen beobachtet worden sind.

Bei alten Knorpeln, deren Kapseln meist eine deutliche Schichtung erkennen lassen, zeigt sich makroskopisch eine bräunliche Färbung, die auf eine durch das Mikroskop zu erkennende Trübung durch feine Körnchen zurückzuführen ist. Das sogenannte asbestartige Aussehen wird durch eine parallele, von Chondrinfasern herrührende Streifung der Knorpelgrundsubstanz hervorgerufen. Dieser fasrige Zerfall ist stets die Einleitung zu Erweichungsprozessen im Knorpel, welche Höhlenbildung in demselben herbeiführen können. Verkalkung des Knorpels endlich, die durch Ablagerung von kohlensaurem Kalk bedingt wird, kommt so zu Stande, dass zunächst in den Kapseln an den Polen der Hauptaxe kleine Kalkkörnchen sich ablagern, die dann auch in der ganzen Kapsel und in der Intercellularsubstanz auftreten, sodass schliesslich nur noch eine Kalkmasse, aber kein Knorpelgewebe mehr vorhanden ist. Verkalkten Knorpel erkennt man mikroskopisch daran, dass auf Zusatz von Salzsäure das Gewebe in Folge des Entweichens der Kohlensäure aufschäumt, und vor allen Dingen daran, dass dünne Schnitte bei auffallendem Lichte weiss, bei durchfallendem dunkel erscheinen.

6. Knochengewebe.

§ 32. Die besondere Art der Bindesubstanz, deren mikroskopischen Bau wir jetzt erörtern wollen, ist vor allen anderen Geweben des Körpers, das Zahngewebe ausgenommen, durch ihre ausserordentliche Festigkeit ausgezeichnet; das Knochengewebe oder kurz die Knochen sind die härtesten Bestandteile im Körper der Vertebraten und bilden das Skelet desselben. Diese Härte, die übrigens keine absolute — sonst würden die Knochen sehr leicht zerbrechen — sondern nur eine relative ist, insofern allen Knochen während des Lebens ein wenn auch geringer Grad von Elastizität eigen ist, ist die Folge der Einlagerung von Kalksalzen in die Intercellularsubstanz, und zwar von basisch phosphorsaurem und von kohlensaurem Kalk. Wird durch Anwendung besonderer Chemikalien der Kalk entfernt, so bleibt eine Masse von knorpelartiger Festigkeit zurück, die man als Knochenknorpel bezeichnet. Jetzt kann man von den Knochen mikroskopische Schnitte anfertigen und man erkennt dabei, wenn man dieselben mit feinen von den nicht entkalkten Knochen gemachten Schliffen vergleicht, dass durch den Auslaugungsprozess weder die Textur noch die Struktur des Gewebes irgendwie verändert worden ist. Am besten eignen sich zu einer Auslaugung Pikrinsäure und ihre Mischung mit Salpetersäure, Chromsäure und Salzsäure.

§ 33. Die deskriptive Anatomie unterscheidet drei Hauptformen

der Knochen, lange, platte und kurze Knochen. Zersägt man einen langen oder Röhrenknochen, so sieht man, dass sein Mittelstück aus einer festen gleichmässigen Substanz besteht, die eine mehr oder minder weite Höhle umgiebt, während an seinen Enden das Gefüge ein weit anderes, lockereres ist. Kurze Knochen zeigen auf dem Durchschnitte das letztere Aussehen, haben also ein lockeres Gefüge und nur an ihrer Peripherie besitzen sie eine dünne Schicht homogen erscheinender Substanz. Platte Knochen endlich gleichen in ihrer Textur den kurzen Knochen, nur dass ihre homogene Rinde dicker und daher fester ist. Man bezeichnet die homogen erscheinende Partie der Röhrenknochen, die sogenannte Diaphyse, und die Rinde der platten und kurzen Knochen als kompakte Substanz, Substantia compacta, und die locker gebaute Partie an den Enden der Röhrenknochen, an den sogenannten Epiphysen, sowie den Hauptbestandteil der platten und kurzen Knochen als Substantia spongiosa oder spongiöse Substanz. Der letztere Name stammt daher, dass die lockere Beschaffenheit in der Textur bei den genannten Knochen sehr lebhaft an das Bild erinnert, welches das aus Sponginfasern bestehende Skelet eines Badeschwammes darbietet. Die Spongiosa — so sagt man kurz für S. s. — heisst bei den platten Knochen des Schädels Diploë.

Man hat also, lediglich sich stützend auf ein oberflächliches Merkmal, zwei besondere Substanzen der Knochen oder besser Formen des Knochengewebes angenommen, die in dieser strengen Scheidung in Wirklichkeit nicht existieren. Wohl ist der Anblick, den die Spongiosa mit ihren zahlreichen, sich nach bestimmten mathematischen Gesetzen durchkreuzenden Bälkchen darbietet, in deutlichem Gegensatze zu dem Aussehen der Compacta. Die Untersuchungen von H. v. Meyer und namentlich von J. Wolff aber haben dargethan, dass ein inniger Zusammenhang zwischen beiden Erscheinungen besteht, dass die eine kontinuierlich in die andere übergeht bez. sich aus ihr entwickelt. Es ist daher notwendig, die Unterscheidung zweier Knochensubstanzen fallen zu lassen und vielmehr von einer kompakten und einer spongiösen Region zu sprechen, die sich an allen drei Knochenarten, den langen, kurzen und platten, deutlich wahrnehmen lassen.

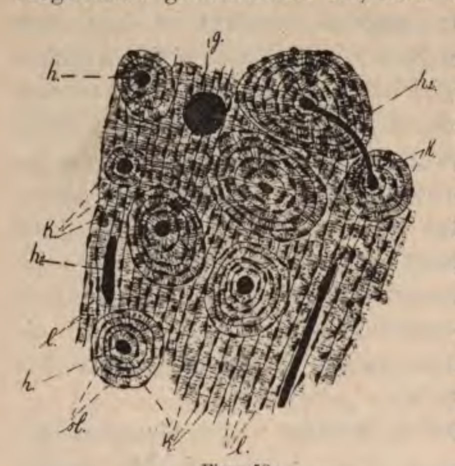
Figur 57.
Längsschliff vom Femur des Rindes. h = Havers'sche Kanäle; k = Knochenkörperchen.

§ 34. Erörtern wir nunmehr den Bau der kompakten Region. Betrachtet man einen dünnen Schliff durch einen nicht entkalkten langen Knochen, der parallel zur Längsaxe angelegt ist, also einen Längsschliff, so sieht man ein System von Kanälen den Knochen durchsetzen. Diese Kanäle, in gleicher Richtung mit der Axe verlaufend, stehen unter einander durch quere oder schräg das Gewebe durchsetzende kleinere Kanäle in Verbindung und bilden somit ein den ganzen Knochen durchsetzendes Kanalsystem. In Präparaten, die von alten, schon mazerierten Knochen entnommen wurden, ist das Kanalsystem leer, in Präparaten dagegen, welche noch ziemlich frisch und vor allen Dingen nicht mazeriert sind, werden die einzelnen Kanäle von geronnenen und veränderten Blutmassen erfüllt; sie stellen also die Gefässkanäle der kompakten Knochenregion vor. Die Kanäle werden Havers'sche Kanäle genannt.

In den von den Havers'schen Kanälen eingeschlossenen Abschnitten des Gewebes sieht man in einem solchen Schliffe dunkle, spinnenartige Gebilde in grosser Zahl liegen. Der fast schwarz erscheinende Körper derselben — das schwarze Aussehen ist nur an Schliffen erhalten, die erst kurze Zeit in Kanadabalsam gelegen haben — hat meist eine spindelige Gestalt und ist mit seiner grossen Axe der Längsaxe der Havers'schen Kanäle parallel gerichtet. Von dem Körper gehen nach allen Seiten, besonders aber senkrecht zu den Kanälen, feine Fortsätze aus und man kann schon bei schwacher Vergrösserung wahrnehmen, dass die Fortsätze, welche von benachbarten Gebilden stammen, mit einander sich verbinden, und ferner, dass die Fortsätze der dicht an den Wandungen der Havers'schen Kanäle liegenden schwarzen Körper in diese Wandungen sich einsenken und somit in das Lumen der Kanäle münden. Diese spinnenartigen Gebilde werden Knochenhöhlen oder Knochenkörperchen genannt.

Anders gestaltet sich das mikroskopische Bild des Knochengewebes, wenn wir einen Querschliff betrachten. Hier ist von einem Havers'schen Kanalsystem nichts zu erkennen, man findet die Havers'schen Kanäle vielmehr nur isoliert in einiger Entfernung von einander im Gewebe liegen. Sie erscheinen meist als kreisrunde Lücken, weil sie quer zu ihrem Verlaufe getroffen sind. In frischen Knochen sind sie mit Blut erfüllt und man sieht zu gleicher Zeit, dass die Gefässe, welche in den Kanälen gelegen sind, das Lumen derselben nicht vollständig ausfüllen, sondern dass zwischen Gefäss- und Kanalwand lockeres, fettreiches Bindegewebe sich einschiebt. Dieses letztere Moment ist physiologisch von hervorragender Bedeutung,

weil durch das eingeschobene, leicht kompressible Bindegewebe die Möglichkeit gewährleistet ist, dass stärkere Blutfüllung der Gefässe eintreten kann, ohne dass sofort nachteilige Folgen für die Gefässe wie für das Knochengewebe zu erwachsen brauchen. Das Bindegewebe stellt eine Art Polster dar. Zuweilen sieht man aber auch auf kurze Strecken längsgetroffene Havers'sche Kanäle, also solche, deren Längsaxe quer zur Längsaxe des Hauptkanalsystems gerichtet ist. Es sind das diejenigen Kanäle bez. Gefässe, welche die Verbindung zwischen zwei längs verlaufenden Havers'schen Kanälen (Gefässen) herstellen; manchmal kann man diese Querkanäle isoliert sehen, manchmal aber sieht man auch deutlich dieselben in zwei Längskanäle einmünden, bez. von dem einen zum anderen verlaufen. Zuweilen — ein solcher Fall ist in der Figur 58 abgebildet — findet man Blutgefässe, die als solche an ihrem aus roten Blutkörperchen oder aus einer dunkelroten Masse bestehenden Inhalte kenntlich sind, mithin in dem gleich zu erwähnenden Lamellensysteme liegen, ohne dass sie einem Havers'schen Kanale angehörten.



Figur 58.
Querschliff vom Femur des Rindes.
h = quergetroffene Havers'sche Kanäle; h_1 = längsgetroffene Havers'sche Kanäle; h_2 = verbindender Havers'scher Kanal; k = Knochenkörperchen, l = Grundlamellen; sl = Speziallamellen; g = Gefäss.

Die zwischen den Havers'schen Kanälen gelegene Knochensubstanz erscheint auf Längsschliffen, namentlich bei Anwendung nur schwacher Vergrösserungen, homogen, während das Aussehen auf Querschliffen wesentlich davon abweicht. Hier erkennt man eine Zusammensetzung des Knochengewebes aus einzelnen Blättern oder Lamellen, die in ganz bestimmter Weise gruppiert sind. Die Lamellen sind um die Lumina der Havers'schen Kanäle in konzentrischer Weise angeordnet, und zwar wird jeder Kanal von vier bis sieben und mehr Lamellen umgeben. Die Anordnung ist so charakteristisch, dass sie das mikroskopische Bild geradezu beherrscht. Die Lamellen des Gewebes, welche in dieser Weise die Kanäle umgeben, heissen Speziallamellen oder Havers'sche Lamellen. Manchmal berühren sich die Lamellensysteme benachbarter Kanäle, meist aber sind mehr oder minder beträchtliche Zwischenräume zwischen ihnen vorhanden und diese werden von anderen Lamellensystemen aus-

gefüllt. Das Charakteristische der Letzteren besteht darin, dass sie parallel zu einander verlaufen. Ein Teil dieser geradlinigen Lamellen wird durch solche hergestellt, welche zu Havers'schen Kanälen gehören, die nicht in der Ebene des Knochenschliffes liegen, es sind also tangential getroffene Speziallamellen. Die übrigen Lamellen heissen Grundlamellen und man kann an Röhrenknochen je nach der Gegend des Dickendurchmessers, in der sie anzutreffen sind, drei Arten unterscheiden, nämlich: 1) äussere Grundlamellen, dieselben liegen in der Nachbarschaft der später noch zu beschreibenden Beinhaut (Periost); 2) innere Grundlamellen, dieselben finden sich angrenzend an die Markhöhle, und 3) interstitielle Grundlamellen, sie kommen zwischen den Havers'schen Lamellen vor. In der Figur 58 ist nur die dritte Art der Grundlamellen vorhanden.

Unter einander sind alle Lamellen, sowohl die Spezial- wie die Grundlamellen, scharf gesondert durch dunkle Linien, die sogenannten Kittlinien, deren Anwesenheit erst die Unterscheidung von Lamellen ermöglicht. Diese Kittlinien, welche besonders deutlich an der Grenze der Speziallamellen gegen die Grundlamellen hervortreten, sind dadurch noch besonders ausgezeichnet, dass in ihnen die schon von der Beschreibung des Längsschliffbildes her bekannten spinnenartigen Gebilde, die Knochenhöhlen oder Knochenkörper, gelegen sind; nur selten trifft man letztere in den Lamellen selber. Deutlicher als an Längs- tritt an Querschliffen die Thatsache hervor, dass die feinen, sich vielfach verzweigenden Ausläufer der Knochenkörperchen unter einander anastomosieren und in die Lumina der Havers'schen Kanäle eindringen. Anwendung stärkerer Linsensysteme lehrt, dass diese Ausläufer feinste Kanälchen sind, die in gewöhnlichen Schliffen und in Schnitten von sogenanntem Knochenknorpel mit Luft erfüllt sind. So haben wir also ein doppeltes Kanalsystem, welches das Knochengewebe durchzieht: das eine wird durch die die Blutgefässe beherbergenden Havers'schen Kanäle, das andere durch die sich ramifizierenden und unter einander anastomosierenden Ausläufer der Knochenkörperchen gebildet. Beide Kanalsysteme stehen, wie aus dem oben Gesagten erhellt, unter einander in direkter Verbindung und so ist ein Verhältnis geschaffen, welches physiologisch, für die Stoffwechselvorgänge im Knochengewebe, von allergrösster Bedeutung ist.

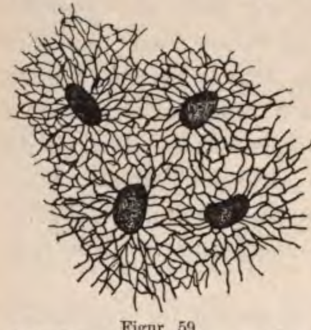
Die Lamellen der kompakten Region erscheinen für gewöhnlich homogen, wie nach Anwendung eingreifender Reagentien aber durch v. Ebner festgestellt wurde, ist diese Homogenität nur eine scheinbare. Thatsächlich besteht jede Lamelle aus Fibrillenbündeln, welche

beim Kochen einen besonderen Leim, den Glutinleim, liefern und die mit einander durch eine Kittsubstanz fest und unverschiebbar verbunden sind. In dieser interfibrillären Kittsubstanz sind die Kalksalze abgelagert. Die oben erwähnten, zwischen den einzelnen Lamellen vorhandenen Kittlinien stellen besondere Anhäufungen der interfibrillären Kittsubstanz dar.

§ 35. Eigentümliche Gebilde trifft man in der kompakten Region und zwar in den der Beinhaut angrenzenden Partieen; es sind dies die sogenannten Sharpey'schen oder perforierenden Fasern. Dieselben stellen Fibrillenbündel von lockerem Bindegewebe dar, dringen vom Periost aus in den Knochen ein und sind Periostfasern, welche bei der Knochenbildung nicht umgewandelt werden. Zuweilen trifft man in ihnen elastische Fasern an. Die Sharpey'schen Fasern sind nur in den Grundlamellen, niemals aber in den Havers'schen Lamellen vorhanden.

§ 36. Wir haben jetzt den Bau der spongiösen Region zu betrachten.

Die Spongiosa besteht, wie bereits kurz erwähnt, aus zahlreichen Knochenbälkchen, die sich in ganz bestimmter, auf mathematischen Gesetzen beruhender Anordnung durchkreuzen und dadurch den betreffenden Knochenpartieen, in welchen sie vorkommen, ein ganz charakteristisches Aussehen verleihen. Die Grösse der Spongiosabälkchen ist eine verschiedene und mit der Grösse gehen einher bestimmte Strukturunterschiede. In den kleineren Bälkchen nämlich ist die Grundsubstanz homogen, in den grösseren dagegen zeigt sich eine lamellöse Schichtung, die Lamellen verlaufen hier parallel mit der breiten Fläche der Bälkchen. Überall trifft man hier die von der kompakten Region her bekannten Knochenhöhlen oder Knochenkörperchen. Das spinnenartige Aussehen der letzteren ist gerade in den Spongiosabälkchen ein besonders deutliches und ebenso tritt hier die Ramifikation und die Anastomose der Ausläufer derselben klar hervor. Die von den Knochenkörperchen ausgehenden Kanälchen verzweigen sich ungemein reichlich und verflechten sich so dicht und so innig mit den von benachbarten Körperchen stammenden Zweigen, dass es eine Unmöglichkeit ist, die jedem einzelnen Knochenkörperchen zukommende Region auch nur annähernd abzugrenzen.



Figur 59.
Vier Knochenkörperchen aus einem Spongiosabälkchen der Epiphyse des Femur vom Rinde.

§ 37. In den bisherigen Auseinandersetzungen ist immer nur die Rede gewesen von der Knochengrundsubstanz und den Knochenhöhlen bezw. Knochenkörperchen, während der zelligen Elemente des Knochengewebes keine Erwähnung geschah. Dieses Versäumnis soll jetzt nachgeholt werden.

Man hat von Anfang an ganz naturgemäss die sogenannten Knochenkörperchen als die Zellen des Knochengewebes betrachtet und für diese Auffassung eine Stütze in der Ähnlichkeit dieser Gebilde und der fixen Zellen des lockeren Bindegewebes gesehen. Bewiesen schien diese Auffassung dadurch, dass es R. Virchow gelang, aus den Knochen erwachsener Individuen die Knochenkörperchen zu isolieren. Indessen zeigte es sich bald, dass so die Verhältnisse nicht liegen. Die Knochenkörperchen erkannte man als mit Luft, nach einigen Autoren sogar als mit freier Kohlensäure erfüllte Höhlungen, welche absolut keine eigene Wandung besitzen, keine Zellen enthalten sollen, und die Isolation der Knochenkörperchen erwies sich demnach als nichts beweisend, die isolierten Knochenkörperchen waren Kunstprodukte. Damit schien die Frage nach den zelligen Elementen des Knochengewebes definitiv dahin entschieden, dass der fertige Knochen derselben entbehre. Das ganze Knochengewebe wurde als ein starres, inaktives, d. h. jedes selbständig in ihm ablaufenden Lebens baares Gebilde erklärt, jede besondere aktive Gestaltungskraft ihm abgesprochen und ihm nur eine Vita minima zugestanden, die durch die Blutgefässe, durch die Marksubstanz und das Periost erhalten werde. Hiermit wurde zugleich ein scharfer Gegensatz zwischen dem fertigen und dem werdenden Knochen statuiert. In letzterem nämlich, bei jugendlichen Individuen also, konnte man deutlich in den Knochenhöhlen die Zellen nachweisen, welche in ihrer äusseren Gestaltung ganz an die Form der Höhlen angepasst waren. Hier also konnte, nach Analogie der Bindesubstanzkörperchen, von Knochenkörperchen mit Fug und Recht gesprochen werden. Die Zellen sollten, wenn der Organismus seine Reife erlangt hat, in ihrer Selbständigkeit zu Grunde gehen und alle vitalen Prozesse, die namentlich unter pathologischen Bedingungen am Knochen auftreten, durch nicht direkt im Knochen vorhandene Elemente bedingt sein, sondern gewissermaassen von aussen, aus der Umgebung, in den Knochen hineingetragen werden.

Von dem Standpunkte aus, den wir in diesem Buche bisher eingenommen haben und der sich dahin charakterisieren lässt, dass wir alle Vorgänge im Organismus, welcher Art dieselben auch immer sein mögen, nur und allein als Erscheinungen des Lebens der Zellen

betrachten können, muss die oben vorgetragene, fast allgemeiner Anerkennung sich erfreuende Anschauung als unhaltbar bezeichnet werden. Es erscheint uns unmöglich, dass ein Gewebe im Körper existieren könne, das statt der Zellen Lufträume oder gar mit freier Kohlensäure erfüllte Höhlungen besitzt. Ein solches Gewebe wäre nach unserer Auffassung ein todter, also funktionsunfähiger Bestandteil des Organismus, der nur als eine Noxa wirken, niemals aber in diesem Zustande dauernd verharren kann.

Das ist von vornherein zuzugeben, dass die Lebensvorgänge im Knochen ungemein langsam ablaufen. Aber, wie schon einmal hervorgehoben wurde, nicht das Tempo, in dem diese Vorgänge sich abspielen, kann als für die Betrachtung maassgebend erachtet werden, sondern die Existenz der Vorgänge überhaupt muss die Grundlage aller theoretischen Erwägungen bilden. Unter normalen Verhältnissen, während der Gesundheit der Individuen, werden die Lebenserscheinungen der Knochenzellen nur minimaler Natur sein, es werden die später — bei Besprechung des Bewegungssystemes — auseinanderzusetzenden Vorgänge in den accidentellen Teilen des Knochens, im Periost und Knochenmark, vorherrschen, unter pathologischen Bedingungen aber werden die Zellen des Knochengewebes die Hauptaktion entfalten müssen. Wenn nach Bruch der Diaphyse eines Röhrenknochens das vorläufige Verklebungsmittel der Bruchenden, der sogenannte Callus, knöchern organisiert wird, wenn bei Brüchen der Epiphysen das Bälkchengerüst der Spongiosa sich so wiederherstellt, wie es den neuen Druck- und Zugmomenten, die auf den Knochen einwirken, entspricht, dann ist das Tempo der Stoffwechselvorgänge ein ungemein lebhaftes. Und wir können nicht annehmen, dass dies Tempo von Gebilden reguliert wird, die ausserhalb der eigentlichen Tela ossea liegen; die Umbildungen und Neubildungen sind unter jenen Verhältnissen so mannigfacher Art, dass sie eine ausserordentlich rege Zellthätigkeit zur Voraussetzung haben, und die Zellen, welche diese Thätigkeit entfalten, können nur die Zellen des Knochens sein. Unsere Methoden zur Untersuchung frischer, fertiger Knochen zeigen uns in den Knochenhöhlen nie die Zellen oder, wenn dies doch der Fall sein sollte, die Zellen in einem Zustande, der eine Funktionsfähigkeit derselben sehr unwahrscheinlich macht. Das beweist aber meines Erachtens nur, dass die Methoden nicht ausreichen, dass sie uns das Innere der Knochensubstanz nicht in dem Zustande erhalten, wie es für eine genaue histologische Durchforschung wünschenswert wäre und wie es diese Methoden für andere Gewebe und Organe leisten. Nicht aber wird durch das hinsichtlich des

Vorkommens zelliger Elemente in den Knochenhöhlen fertiger Knochen negative Ergebnis unserer Methoden das Fehlen der Zellen bewiesen. Weiter oben wurde gesagt, dass durch die Eingriffe, durch welche die Kalksalze aus dem Knochengewebe ausgelaugt werden, weder die Textur noch die Struktur der Knochen verändert werde; das ist nur richtig mit der Maassgabe, dass durch jene Eingriffe sicherlich die offenbar leicht vergänglichen Zellen des Knochengewebes zerstört werden. Das darf nicht verwundern, wenn man bedenkt, welche gewaltige Verletzung im Grunde genommen solche Auslaugung darstellt, dass dadurch zarte Bestandteile des Gewebes sehr wohl vernichtet oder zum mindesten alteriert werden können. Der Nachweis der Existenz von zelligen Elementen in den Knochenhöhlen des fertigen Knochens ist ein histologisches Postulat, die Existenz muss mit Denknotwendigkeit aus der Zellenlehre gefolgert werden.

§ 38. Wir haben jetzt zwei Bildungen zu besprechen, deren in den letzten Auseinandersetzungen mehrfach Erwähnung geschah, das Periost und das Knochenmark. Streng genommen, vom Standpunkte der Definition eines Gewebes aus, gehört die Schilderung beider Bildungen nicht in diesen Teil, denn durch ihre Anwesenheit erhebt sich der Knochen vom einfachen Gewebe zum Range eines Organes. Indessen sind Periost und Knochenmark so sehr integrierende Bestandteile aller Knochen, mit der normalen Beschaffenheit derselben ist auch die des Knochengewebes selber so innig verknüpft — Erkrankung des Periostes und des Markes führen stets zu Erkrankungen der Tela ossea und vice versa —, dass ihre Beschreibung notwendig hier erfolgen muss, soll überhaupt ein Verständnis von dem Bau des Knochengewebes ermöglicht werden. Die Momente dagegen, welche Entwickelung und Wachstum der Knochen darbieten, sollen besonders, im Kapitel „Bewegungssystem", abgehandelt werden.

Das Periost (Knochenhaut, Beinhaut) liegt allen Knochen dicht und fest an und kann von frischen Knochen nur schwer abgezogen werden. Es besteht aus zwei Schichten gewöhnlichen Bindegewebes, einer äusseren straffen, welche elastische Fasern enthält und fibröse Schicht heisst, und einer inneren weicheren Schicht, deren Fasern lockerer liegen.

Das Knochenmark, Medulla ossium, findet sich in allen Knochen vor, hat aber je nach dem Orte seines Vorkommens und nach dem Alter des Individuum eine verschiedene Beschaffenheit. Bei Embryonen und jungen Tieren bez. Menschen ist das Knochen-

mark rot gefärbt und heisst daher rotes, besser lymphoides Mark. Bei erwachsenen Individuen ist diese Farbe in den Epiphysen der Röhrenknochen und in allen kurzen und platten Knochen vorhanden. In den Dyaphysen der Röhrenknochen dagegen findet sich ein gelb aussehendes Mark, das sogenannte gelbe oder Fettmark. Bei alten Individuen endlich verändert das Fettmark in Folge von Atrophie (Schwund) des Fettes seine Farbe und bekommt dadurch eine gallertartige Beschaffenheit; man nennt es Gallertmark.

Das Fettmark entsteht aus dem lymphoiden, das nur wenige Fettzellen enthält, durch allmählige Zunahme der Fettzellen auf Kosten der übrigen das lymphoide Mark charakterisierenden Zellen. Das letztere hat vier verschiedene Zellarten, die auch eine verschiedene Bedeutung besitzen. Die erste Art wird repräsentiert durch Zellen von sternförmiger Gestalt, welche zahlreiche Ausläufer besitzen und zuweilen mehrere Kerne enthalten: es sind dies die Zellen des Grundgewebes der Medulla ossium. Die zweite Art sind Riesenzellen, d. h. Zellen von ausserordentlicher Grösse, die sehr zahlreiche Kerne enthalten. Sie werden Myeloplaxen genannt und lassen zuweilen Mitosen erkennen. Die dritte Art sind die eigentlichen Markzellen. Sie werden durch zahlreiche kleinere und grössere Zellen von runder Gestalt repräsentiert, deren Zellleib eine zarte Granulierung erkennen lässt und einen bläschenförmigen grossen Kern beherbergt. Die vierte Art endlich sind runde Zellen von verschiedener Grösse, deren Zellleib im Gegensatze zu dem der vorigen Art hell und homogen ist und einen bläschenartigen granulierten Kern enthält. Alle vier Zellarten sind farblos. Unter den eigentlichen Markzellen verstecken sich farblose Blutkörperchen, deren Granulierung durch besondere, für gewisse Farbstoffe sehr empfängliche Körnchen (Granula) hervorgebracht wird.

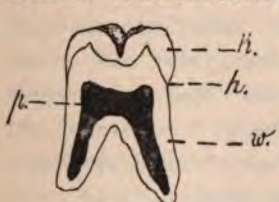
Die vierte Zellart ist von besonderer Wichtigkeit deswegen, weil aus ihr die roten Blutkörperchen sich bilden; das Knochenmark wird durch ihre Anwesenheit zu einem Organe der Blutbildung. Die Umwandlung geschieht, soweit sich derartige Prozesse überhaupt mikroskopisch verfolgen lassen, derart, dass der homogene Zellleib eine gelblich-grünliche Färbung annimmt. Aus diesen kernhaltigen roten Blutkörperchen werden bei den Säugetieren die definitiven kernlosen roten Blutkörperchen; das Schicksal des Kernes ist zur Zeit noch nicht klar. Einige dieser kernhaltigen Blutkörperchen sollen Mitosen zeigen, was darauf hinweisen würde, dass nicht alle rote Blutkörperchen direkt durch Umwandlung farbloser entstehen.

7. Zahngewebe.

§ 39. Am Eingange der Mundhöhle in den Alveolen der Kiefer stehen die Zähne, deren gewebliche Zusammensetzung jetzt erörtert werden soll.

Härter noch als der Knochen ist der Zahn, wie dort ist auch hier die Ablagerung von Kalksalzen die Ursache davon und wie dort so erhält auch hier durch Entfernung der Salze mittelst Säuren das harte Gebilde eine knorplige Beschaffenheit. Dagegen unterscheidet sich der Zahn vom Knochen ganz wesentlich dadurch, dass ein Ersatz durch Krankheit verloren gegangener Teile auf natürlichem Wege, d. h. durch Regeneration, unmöglich ist. Ein hohl gewordener, also durch sogenannte Caries zerstörter Zahn ist dauernd verloren, ein durch Caries zerstörter Knochen dagegen kann durch Umbildungsprozesse, die in der Nachbarschaft statt haben, leicht ersetzt werden. Hierdurch zeichnet sich das Zahngewebe, das noch immer zu den Bindesubstanzen gerechnet wird, vor den übrigen Arten des Bindegewebes ganz bedeutend aus; es hat nicht mehr die Plastizität, die den übrigen in diesem Kapitel besprochenen Geweben zukommt, es ist starr und in seiner spezifischen Eigenart so festgelegt, dass es den sich verändernden Verhältnissen nicht sich anzuschmiegen vermag.

Auf einem Längsschnitte durch einen menschlichen, seiner Alveole entnommenen Zahn kann man folgende Abschnitte unterscheiden: 1) die Krone; dieselbe steht frei aus der Alveole heraus und ist vom Zahnfleische nicht bekleidet. 2) Der Hals; er ist durch eine leichte Einziehung dargestellt, welche sich an der Grenze zwischen Krone und dem folgenden Teile findet und ist vom Zahnfleische umgeben. 3) Die Zahnwurzel; dieselbe ist, je nach der Art der Zähne, einfach, doppelt oder dreifach vorhanden und steckt fest in der Alveole des Ober- bezw. Unterkiefers. Im Innern eines jeden Zahnes findet sich eine axial gelegene von der Wurzel bis zur Krone reichende Höhle, die Pulpahöhle, deren Lumen durch ein an Gefässen und Nerven reiches lockeres Bindegewebe, die sogenannte Pulpa dentis, ausgefüllt wird.



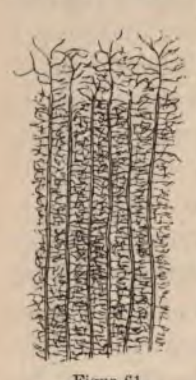
Figur 60.
Längsschnitt durch einen menschlichen Backenzahn.
k = Krone; h = Hals; w = Wurzel; p = Pulpahöhle.

Krone und Zahnwurzel haben mikroskopisch ein ganz verschiedenes Gefüge. Auf einem Längsschnitte erkennt man bereits bei Lupenvergrösserung eine Zweischichtung der Substanz der Zahnwurzel; man sieht nämlich von der Krone ab eine feine Lage be-

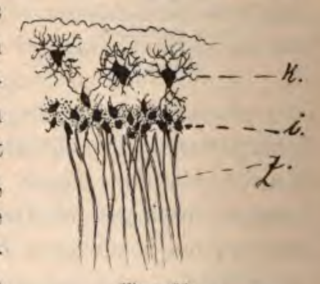
sonders gearteten Gewebes die Wurzel in ihrer ganzen Ausdehnung aussen bedecken. Diese Lage heisst der Zahncement oder kurz Cement, während die nach innen von ihm bis zur Pulpahöhle reichende zweite Lage als Zahnbein oder Dentin bezeichnet wird.

§ 40. Besprechen wir zunächst den feineren Bau des Dentins.

Auf einem Längsschliffe durch einen Zahn erkennt man, dass die Grundsubstanz des Zahnbeins von feinen Kanälen oder Röhren, den sogenannten Zahnröhrchen, durchzogen wird. Dieselben liegen dicht eines an dem anderen, nur durch wenig Zwischensubstanz von einander getrennt. Diese Kanälchen, in die Pulpahöhle mündend, teilen sich hier mehrfach, geben auf ihrem Verlaufe durch das Zahnbein zarte Seitenzweigchen ab und reichen bis zum Cement, in der Nähe der Krone in deren Substanz. Dadurch dass die Seitenzweigchen der benachbarten Zahnröhrchen mit einander anastomosieren, entsteht ein mit der Pulpahöhle kommunizierendes Röhrennetz, das lebhaft an das Netz erinnert, welches wir im Knochen von den Knochenkörperchen entspringend angetroffen haben. In die Zahnröhrchen, die mit Luft erfüllt sind, dringen von der Pulpa her Fortsätze von Zellen ein, der sogenannten Dentinzellen oder Odontoblasten. Diese Fasern wären also die weichen Fasern des Dentins. In der Zahnwurzel ist die Verlaufsrichtung der Zahnröhrchen senkrecht zur Längsaxe des Zahnes, also eine quere. Gegen den Hals hin wird die Richtung mehr schräg und in der Mitte der Krone ist sie parallel zur Längsaxe des Zahns. An der Grenze zum Cement gehen die Zahnröhrchen in unregelmässig gestaltete Lücken über, die mit einer weichen Substanz erfüllt sind, es sind dies die Interglobularräume. Dieselben liegen auf der Grenze zwischen Cement und Zahnbein in mehrfacher Schicht, die, weil zwischen den Räumen die Grundsubstanz gekörnt aussieht, auch körnige Schicht oder, nach ihrem ersten Beschreiber, Tomes'sche Schicht genannt wird. Von den Interglobularräumen, die ihrem Aussehen nach wie sehr kleine Knochenkörperchen erscheinen, nur gegen die Krone hin sehr gross sind, gehen zarte Röhrchen oder



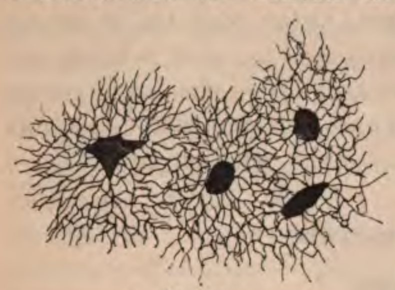
Figur 61. Dentinröhrchen aus der Wurzel eines menschlichen Backenzahnes (Schliff, starke Vergrösserung).



Figur 62. Schliff durch die Wurzel eines menschlichen Backenzahnes (mittelstarke Vergrösserung). k = Cementkörperchen; i = Interglobularräume; z = Zahnröhrchen.

Kanälchen nach allen Seiten ab, die, sich mannigfach ramifizierend, teils unter einander, teils mit den Zahnröhrchen, teils mit den Cementkörperchen in Verbindung stehen.

Das Cement, das, wie bemerkt, als dünne, nach unten zu an Umfang etwas zunehmende Schicht das ganze Zahnbein, das Dentin, aussen bedeckt, ist eine Knochensubstanz, deren Bau an den der kleinen Spongiosabälkchen frappant erinnert. Nur selten, in grossen Ausnahmefällen, ist eine lamellöse Schichtung zu erkennen, meist ist die Grundsubstanz des Cements homogen. In ihr liegen Körperchen, die an mazerierten Zähnen mit Luft erfüllt sind, daher bei mikroskopischer Betrachtung schwarz erscheinen und ein spinnenartiges Aussehen haben, ganz wie die Knochenkörperchen. Die Körperchen sind spindelförmig, rundlich oder unregelmässig polyedrisch und entsenden zahlreiche feine Fortsätze, welche Kanäle sind und sich ebenfalls mit Luft erfüllt zeigen. Dieselben ramifizieren sich ausserordentlich reich, die einzelnen Zweigchen verbinden sich unter einander und mit denen der benachbarten Körperchen und stellen so ein vielfach verzweigtes Kanalnetz innerhalb der Cementschicht dar. Wie aus dieser Schilderung und der Figur 63 ersichtlich gleichen diese Verhältnisse durchaus denen des Knochengewebes. Die Cementkörperchen stehen ausserdem noch, wie bereits bemerkt, mit den Interglobularräumen, dadurch mit den Zahnröhrchen und durch letztere mit der Pulpahöhle in Verbindung.



Figur 63.
Cementkörperchen aus einem menschlichen Backenzahne (Schliff, starke Vergrösserung).

Figur 64.
Längsschliff von einem menschlichen Backenzahne in der Gegend der Krone (schwache Vergrösserung). z = Zahnröhrchen, sp. = Spalträume; s = Schmelz.

Einen ganz anderen Bau zeigt die Substanz der Zahnkrone. Hier findet sich nämlich das Elfenbein, Substantia eburnea, der härteste Bestandteil des ganzen Körpers überhaupt. Statt „Elfenbein“ werden auch die Bezeichnungen Schmelz oder Email angewendet. Die Oberfläche desselben ist von einem feinen Häutchen

überzogen, das homogen und zugleich ausserordentlich hart ist; es ist das Schmelzoberhäutchen.

Der Schmelz oder das Elfenbein selber besteht aus langen, cylindrischen oder prismatischen parallelen Bändern, den sogenannten Schmelzsäulen oder Schmelzprismen, die bei Betrachtung von der Fläche quergebändert oder quergestreift aussehen. Im Querschnitt bilden die Schmelzprismen ein zierliches Mosaik sechseckiger Felder. Sie durchsetzen an vielen Stellen die ganze Dicke der Elfenbeinsubstanz. Die Zahnröhrchen verbinden sich mit länglichen, vielfach gezackten Lücken, die sich durch die Elfenbeinsubstanz zu winden scheinen, denn man erblickt an der Grenze zwischen Schmelz und Zahnbein statt der lang ausgezogenen kleine unregelmässig gestaltete Lücken. Dieselben werden Spalträume des Schmelzes genannt und sind, wie die Zahnröhrchen des Dentins, mit Luft gefüllt.

C. Muskelgewebe.

Allgemeines.

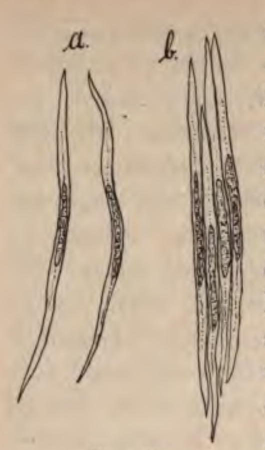
§ 41. Berücksichtigen wir die physiologischen Eigenschaften des Muskelgewebes, so haben wir zwei Arten desselben zu unterscheiden, die willkürlichen und die unwillkürlichen Muskeln, d. h. es giebt Muskeln, deren Kontraktion dem Einflusse des Willens unterworfen sind, und solche, deren Bewegungen dem Willen entzogen sind und daher nicht beherrscht werden können. Das Muskelgewebe ist nämlich dasjenige Gewebe des Körpers, dessen Zellen oder die Produkte der Zellen Bewegungen ausführen können. Nicht solche, wie wir sie bei Besprechung der Lebenseigenschaften der Zellen als amöboide kennen gelernt haben, sondern Bewegungen, die, mehr oder weniger brüsk erfolgend, eine Zusammenziehung der ganzen Zelle bezw. der von den Zellen herstammenden kontraktilen Substanz zur Folge haben. Es sind das diejenigen Bewegungen, welche in dem einen Falle ein Fortschaffen der in bestimmten Gebilden des Körpers vorhandenen Stoffe (Blut, Nahrung) bewirken, oder, in dem anderen Falle, eine Fortbewegung des ganzen Körpers und eine Bewegung seiner Gliedmassen zu einander wie zum Rumpfe herbeiführen. Die letzteren Bewegungen sind dem Willen unterworfen, sind willkürliche, die ersteren sind der Direktive des Willens entzogen, sind unwillkürliche.

Histologisch kann man ebenfalls zwei Arten des Muskelgewebes unterscheiden, nämlich glatte und quergestreifte Muskeln. In denjenigen Organen, in welchen das glatte Muskelgewebe vorkommt,

ist stets eine automatische, unwillkürliche Bewegung vorhanden. Die quergestreiften Muskeln sind im Herzen, dessen Substanz sie bilden, in ihrer Bewegungsmöglichkeit ebenfalls dem Willen entzogen, wir haben hier also quergestreifte unwillkürliche Muskeln. Die Bewegungen des Herzens können wir nie direkt beeinflussen, wir können nicht sagen: jetzt soll das Herz schneller, jetzt langsamer schlagen; wir können sie nur indirekt beeinflussen, indem wir körperliche Arbeit verrichten oder Medikamente in den Körper einführen, durch welch letztere die Herzthätigkeit in ihrem Tempo alteriert wird. Eine auf diese Weise beschleunigte oder verlangsamte Bewegung der quergestreiften Muskulatur des Herzens können wir dann auch nicht willkürlich zur Norm geleiten, sondern wir müssen warten, bis die von uns eingeführten beeinflussenden Momente in ihrer Wirksamkeit selbständig nachlassen. Hierdurch stellt sich die Herzmuskulatur oder wie wir hier noch sagen müssen, das Muskelgewebe des Herzens in schroffen Gegensatz zu der ganzen übrigen quergestreiften Muskulatur. Diese, am Rumpfe und den Gliedmassen des Körpers vorkommend, stellt das Muskelfleisch (Fleisch) dar; sie ist überall dem Willen unterworfen und wir sind im Stande, die Bewegung derselben in einer mit unseren speziellen Absichten übereinstimmenden Weise genau abzustufen, d. h. zu beherrschen. Während Herzmuskulatur und die glatten Muskeln nirgends sich mit dem knöchernen Skelette berühren, hängt dagegen das sogenannte Muskelfleisch und dessen einzelne Abteilungen, die Muskeln, stets mit dem Skelet zusammen, man kann dasselbe daher auch als Skeletmuskulatur bezeichnen.

Glatte Muskulatur.

§ 42. Unterwirft man grössere Massen des Gewebes der glatten Muskulatur der Einwirkung von Säuren oder von Kalilauge, so gelingt es relativ leicht, die einzelnen Zellen, welche dieses Gewebe charakterisieren, von einander zu trennen. Man erkennt dann, das die glatte Muskulatur aus dünnen, platten Gebilden besteht, deren Länge innerhalb weiter Grenzen, zwischen 0,05 mm. und 0,25 mm, schwankt. Die Gebilde sind schmale Zellen von spindelförmiger Gestalt, gewöhnlich homogen erscheinendem Zellleib, in dessen Centrum ein lang ovoider oder stäbchenförmiger Kern gelegen ist Der letztere zeigt eine deutliche Granulierung, unter den einzelnen Granulis imponieren ein oder zwei durch ihre besondere Grösse als Nucleolen. Der Kern ist nur wenig schmaler als der Zellleib selber, meist liegt er den äusseren Konturen derselben eng an. Von den beiden Polen



Figur 65.
Glatte Muskeln aus der Harnblase des Frosches.
a = isolierte Zellen; b = ein kleines Bündel.

des Kernes — jede Zelle hat nur einen Kern — geht nach den Spitzen der spindeligen Zelle hin, ohne dieselbe zu erreichen, je eine feine Protoplasmastrahlung aus. D. h. die Substanz der Zelle ist an den Polen ihres Kernes etwas zusammengefasst, und dieses dichtere Gefüge geht linear nach den Spitzen, sich durch eine etwas stärkere Granulierung offenbarend. Diese Zellen, welche keine Membran besitzen, sind kontraktil, zeigen aber keine Querstreifung und heissen daher glatte Muskelzellen; die alten Histologen nannten sie auch kontraktile Faserzellen.

In neuerer Zeit hat man nachweisen können, nach Anwendung geeigneter Reagentien, dass der homogene Zellleib eine fibrilläre Struktur besitzt. Parallel seiner Längsaxe liegen dicht bei einander, nur durch wenig interfibrilläre Substanz von einander getrennt, zarte Fibrillen, die als die eigentlichen Träger der Kontraktilität zu betrachten sind. Diese Thatsache ist in trefflicher Übereinstimmung mit einer Auffassung, die immer mehr Anhänger gewinnt, dass nämlich jede Zellbewegung im Körper, falls sie nicht eine amöboide ist, an eine fasrige Struktur des Protoplasmaleibes gebunden ist.

Die glatten Muskelzellen liegen nie isoliert im Körper, sondern sind immer in grösserer Zahl zu mehr oder minder umfangreichen Strängen oder Balken vereint. Diese Stränge kommen entweder für sich vor, wie in den sogenannten Arrectores pilorum, oder sie bilden durch Kreuzung und Verflechtung mit anderen Strängen ein Netz, das in verschiedener Dicke über die Fläche sich ausbreitet; ein solches Balkennetz treffen wir z. B. in der Harnblase. In der Gebärmutter endlich sind Stränge glatter Muskelfasern durch Bindegewebe zu einer dicken Masse vereint.

Die Aneinanderlagerung der glatten Muskelzellen wird nicht durch Bindegewebe bewerkstelligt, welches zwischen den einzelnen Zellen läge, sondern durch eine feine Kittsubstanz, welche die einzelnen Zellen ganz eng aneinander befestigt. Es ist zwischen den glatten Muskelzellen eines Stranges kein nennenswerter Zwischenraum vorhanden, sondern Zelle liegt eng an Zelle, sodass ein jeder Strang, trotz seines Zellreichtums morphologisch und physiologisch einheitlich erscheint. Die spindelförmige Gestalt der Zellen, in Folge deren die Mitte stärker ist, als die Enden, bedingt, dass die Zellkerne nicht

alle in derselben Höhe liegen, sondern in verschiedenen. Auf Querschnitten durch einen glatten Muskelstrang, dessen einzelne Zellen parallel zu einander gelagert sind, also die Spitze alle in einer Richtung geordnet zeigen, und zwar in der Längsrichtung des Stranges, trifft man in den kreisrunden oder unregelmässig begrenzten Durchschnitten der Muskeln einzelne mit, einzelne ohne Kern an: ein Verhalten, welches durch die eben erwähnte Lagerung sich erklärt.

Herzmuskulatur.

§ 43. Die Muskulatur des Herzens besteht aus quergestreiften Muskelfasern, die in ihrem feineren Bau mit denen der Skeletmuskulatur im wesentlichen übereinstimmen. Es sei daher hinsichtlich dieser Verhältnisse auf die spätere Erörterung verwiesen. Die einzelnen Muskelfibrillen — die Erläuterung dieses Ausdruckes erfolgt ebenfalls später — gruppieren sich zu Muskelfasern, diese aber, und hierin liegt ein fundamentaler Unterschied von der Skeletmuskulatur, sind keine einheitlichen Gebilde. In Zupfpräparaten sowohl wie an Schnitten erkennt man vielmehr, dass jede Faser aus einer grösseren Anzahl von Zellen besteht, die linear in einer Reihe angeordnet sind, jede Faser ist also eine Zellkette. Diese Zusammensetzung ist leicht sichtbar, weil immer da, wo zwei Zellen an einander stossen, sich eine tief dunkle und ziemlich breite Kittlinie befindet, die deutlich gegen die im allgemeinen sehr klare Querstreifung absticht. Dass der Raum zwischen zwei Kittlinien wirklich den Wert einer Zelle besitzt, geht daraus hervor, dass in demselben ein Kern, selten zwei, zu finden ist. Derselbe erscheint granuliert, ein oder zwei Granula imponieren als Nucleolen. Die Kerne sind klein, von ovoider Gestalt und von ihren Polen geht parallel mit der Längsrichtung der Faser, ganz wie bei den Kernen der glatten Muskelzellen, je ein zarter Streifen Protoplasma aus. Die Muskelfasern des Herzens sind nackt, d. h. es ist um dieselben keine bindegewebige, sogenannte sarkolemmatische Hülle vorhanden: auch hierdurch wird ein tiefgreifender Unterschied von der Skeletmuskelfaser bedingt. Die Muskeln des Herzens zerfallen sehr leicht in Fibrillen.



Figur 66.
Herzmuskulatur vom Hunde (Schnittpräparat).

Man kann im allgemeinen Hauptfasern und Verbindungsfasern unterscheiden, wenn deren Anordnung namentlich in Schnittpräparaten (Fig. 66) auch nicht sehr deutlich ist. Die Hauptfasern

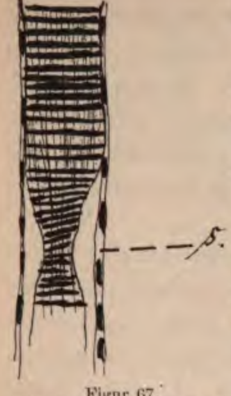
haben eine im ganzen zu einander parallele Verlaufsrichtung, sie stehen durch die schräg verlaufenden Verbindungsfasern, die sich von ihnen abzweigen, mit einander in Verbindung, so dass dadurch ein Muskelnetz gebildet wird, dessen Maschen schmal und längsgezogen sind, das letztere entsprechend der Längsaxe der Hauptfasern.

Die Herzmuskelfasern der Amphibien stellen gewissermaassen ein Bindeglied zwischen der glatten Muskelzelle und der Herzmuskelzelle der höheren Vertebraten dar, insofern hier sich spindelförmige Zellen finden, deren Leib quergestreift ist.

Skeletmuskulatur.

§ 44. Hat man einen Skeletmuskel eines Wirbeltieres, der als Ganzes betrachtet ein Organ von höchst komplizierter Struktur darstellt, von dem ihn umhüllenden lockeren Bindegewebe befreit, so kann man ihn allmählig in einzelne Bündel zerlegen und diese, wiederum, aus dem einhüllenden Bindegewebe sie frei präparierend, in einzelne feine Fäden, die sogenannten Muskelfasern, teilen. Diese sind also die grob wahrnehmbaren letzten Einheiten des Muskels, der selber eine Summe dicht an einander gedrängter Faserbündel darstellt. In den Bündeln liegen die Fasern parallel neben einander, sie reichen selten durch die ganze Länge des Muskels, sondern enden fein zugespitzt vor seiner Insertion bezw. seinem Ursprunge, die Fasern sind bei den Skeletmuskeln der höheren Vertebraten stets ungeteilt, in der Zunge dagegen teilen sie sich.

Betrachtet man eine solche Faser ohne weitere Anwendung von Reagentien unter dem Mikroskope, so erkennt man zunächst, dass sie von einer zarten Bindegewebshülle eingescheidet wird. Diese Hülle, die vielfach als ein doppelter Kontur der Muskelfaser erscheint, wird Sarkolemma genannt. Wie wir später sehen werden, ist dieselbe nicht einfacher Natur, sondern besteht aus zwei verschiedenwertigen Schichten. Im Sarkolemma liegen bei allen Säugern und den Vögeln Kerne, und zwar auf seiner Innenseite, bei den übrigen Wirbeltieren und an den Brustmuskeln der Vögel finden sich gleiche Kerne auch in der vom Sarkolemma umhüllten Muskelsubstanz. Betrachten wir die letztere genauer, so erkennen wir, dass sie wie aus hellen und dunklen Scheiben zusammengesetzt ist, die im allgemeinen quer zur Längsaxe der Faser orientiert sind. Diese Scheiben bilden die Querstreifung der Skeletmuskulatur sowohl wie der Herzmuskulatur. Sie sind nicht allenthalben parallel zu einander, sondern erscheinen häufig mehr schräg gerichtet, manchmal wie verbogen; sie sind ferner einander nicht völlig gleich,



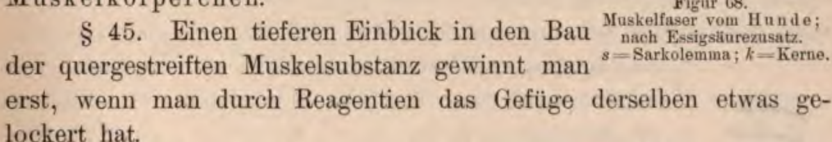
Figur 67.
Muskelfaser vom Hunde; frisch untersucht.
s = Sarkolemma.

vielmehr wechseln ganz unregelmässig dickere und dünnere Scheiben oder Streifen mit einander ab.

Namentlich tritt dies an solchen Fasern hervor, die beim Zerzupfen mit der Nadel etwas gezerrt worden sind, in welchem Falle sich auch gelegentlich der Inhalt des Sarkolemmaschlauches von der Hülle mehr oder weniger zurückgezogen hat. Ausser dieser Querstreifung sieht man aber auch noch angedeutet eine feine Längsstreifung; parallel zur Längsaxe der Muskelfasern und senkrecht auf die Querstreifen erkennt man zarte Linien, die parallel zu einander verlaufen und an den verschiedenen Muskelfasern auch mit verschiedener Deutlichkeit auftreten.

Setzt man etwas verdünnte Essigsäure seitlich zur Muskelfaser zu, so treten die vorhin erwähnten Sarkolemmakerne deutlicher hervor. Jetzt scheinen dieselben auch, wie dies z. B. Figur 68 andeutet, auf der Muskelsubstanz zu liegen; doch ist dieses Verhalten eben nur ein scheinbares, thatsächlich finden sich die Kerne auch jetzt noch auf der Innenfläche der sarkolemmatischen Hülle. Die Kerne sind von eiförmiger Gestalt, liegen abwechselnd, selten zu zweien nebeneinander und zeigen eine starke Granulierung, in welcher man ein grösseres Granulum als Kernkörperchen betrachten kann. Die Kerne sind mit ihrer Längsaxe in der Längsaxe der Faser orientiert, an ihren Polen finden sich Protoplasmaanhäufungen, die länglich ausgezogen sind. So entsteht ein spindelförmiges Gebilde, das von Max Schultze so genannte Muskelkörperchen.

Figur 68.
Muskelfaser vom Hunde; nach Essigsäurezusatz.
s = Sarkolemma; k = Kerne.



§ 45. Einen tieferen Einblick in den Bau der quergestreiften Muskelsubstanz gewinnt man erst, wenn man durch Reagentien das Gefüge derselben etwas gelockert hat.

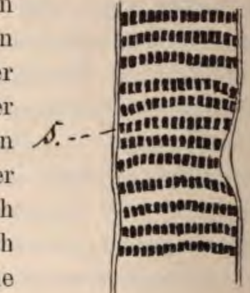
Da erhält man denn als das bei weitem wichtigste Ergebnis, dass die Muskelfaser, welche uns als das letzte durch Präparation darstellbare Element des Muskels erschien, durchaus kein einheitliches Gebilde ist, sondern vielmehr als ein Bündel sehr zahlreicher feiner Fäserchen, der Muskelprimitivfibrillen, zu betrachten ist. Die Faser ist demnach ein Fibrillenbündel. Betrachtet man solche in

6*

geeigneter Weise hergestellten Fibrillen genauer, so erkennt man, dass sich an ihnen die vorhin beschriebene Struktureigentümlichkeit der ganzen Muskelfaser wiederholt, dass also auch hier helle und dunkle Streifen abwechseln. Die dunklen erscheinen gelegentlich, nicht immer, kleiner oder schmaler als die hellen. Dieses Strukturbild ist folgendermassen entstanden.

Figur 69.
Muskelfaser vom Frosch; nach Alkoholbehandlung. f=Fibrillen.

Bei Anwendung sehr starker Linsensysteme sieht man, dass die dunklen Querstreifen des Primitivfibrillenbündels aus einzelnen kleinen prismatischen oder säulenförmigen Elementen zusammengesetzt sind, die in einer Reihe neben einander stehen, durch wenig helle Zwischensubstanz getrennt. Und die Fibrille wird ebenfalls von solchen dunklen Elementarteilchen gebildet, die in einer Reihe hintereinander angeordnet und durch helle Stellen getrennt sind. Die dunklen Teilchen sind die Fleischteilchen, die Sarcous elements, von Bowman, die helle Zwischensubstanz zwischen ihnen ist eine Art Kittsubstanz, welche in der Länge die Plättchenteilchen zur Fibrille, in der Breite sie zur Querscheibe verbindet. Man kann nämlich, ebenso wie man die Muskelfaser in Fibrillen durch Reagentien zerlegt, durch Anwendung von bestimmten Mitteln, namentlich von Säuren, die Muskelfaser in einzelne Scheiben, die Discs von Bowman, zerfallen lassen. An jedem solchen „Disc" erkennt man häufig von der Fläche dunkle Punkte, von der Seite dunkle Säulchen und helle Zwischensubstanz. Doch ist festzuhalten, dass der Zerfall in Scheiben kein thatsächlicher Ausdruck für den Bau der Muskelfaser ist, sondern ein Artefakt darstellt, da die Muskelfaser aus Fibrillen besteht.



Figur 70.
Muskelfaser vom Hunde; sehr stark vergrössert. s = Sarkolemma.

Figur 71.
Muskelfaser vom Hunde; bei d in Discs zerfallend.

Die Zusammensetzung aus hellen und dunklen Abschnitten, aus Kittsubstanz und „Sarcous elements", lässt sich auch durch das besondere optische Verhalten beider Teile bestätigen. Im polarisierten Lichte nämlich erscheint die Kittsubstanz einfach

brechend, sie ist optisch isotrop, während die Fleischteilchen doppelt brechend, optisch anisotrop sind. Die anisotrope Substanz nennt man auch nach dem Vorschlage von Brücke die Disdiaklasten (Doppelbrecher).

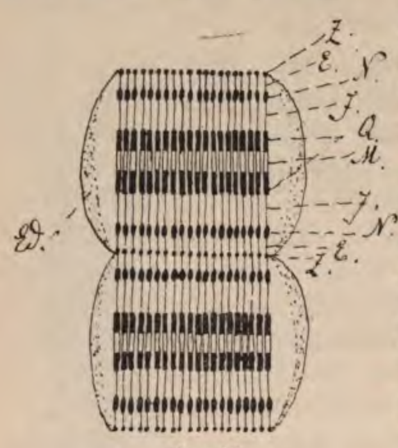
Ein eigenartiges Strukturverhältnis hat Cohnheim an Querschnitten von gefrorenen Muskelfasern kennen gelernt. Man sieht nämlich an solchergestalt angefertigten Präparaten in regelmässigen Abteilungen dreieckige oder polygonal begrenzte Gruppen von Primitivfibrillen innerhalb der Muskelfaser, des Primitivfibrillenbündels. Diese Cohnheim'sche Felderung zeigt an, dass es sich um eine besondere Gliederung der Muskelfaser handelt. Letztere entsteht nicht einfach durch parallele Aneinanderlagerung der einzelnen Fibrillen, sondern wird von mehreren, aus zahlreichen Primitivfibrillen hergestellten Cylindern zusammengesetzt, die man Primitivcylinder oder Muskelsäulchen nennt. Die Felder erscheinen auf dem Querschnitte durch helle, schmale Zwischenräume getrennt, welche das Bindemittel zwischen den Primitivcylindern sind; durch dasselbe wird eine zierliche Mosaik gebildet.

§ 46. Mit den geschilderten Eigentümlichkeiten ist indessen die Komplikation der Struktur der quergestreiften Muskelfaser noch nicht erschöpft. Das Studium namentlich der Insektenmuskeln, deren Querstreifung eine viel breitere ist als bei den Muskeln der Vertebraten, hat eine Fülle von Einzelheiten wichtigster Art aufgedeckt, an deren Beschreibung wir jetzt gehen wollen.

Zunächst zeigt es sich, dass das Sarkolemma der Autoren keine einheitliche Membran ist, sondern, wie bereits früher erwähnt, aus zwei mit einander verwachsenen Schichten besteht, die nur da, wo der Nerv zum Muskel tritt, sich von einander trennen. Die äussere Schicht nennen wir mit v. Thanhoffer Epilemma, sie ist rein bindegewebiger Natur; die innere Schicht wird Endolemma (v. Thanhoffer) oder Sarkoplasma (Rollet) genannt. Das Endolemma ist zelliger (protoplasmatischer) Natur und hängt mit der Muskelsubstanz zusammen, diese mit einer Art protoplasmatischer Hülle umgebend. Es steht in inniger Verbindung mit der noch zu erwähnenden Krause'schen Querlinie, der sogenannten Zwischenscheibe, und teilt hierdurch den Muskelfaden in einzelne Fächer. Ausserdem gehen vom Sarkoplasma oder Endolemma longitudinal verlaufende Züge ab, welche die einzelnen Fibrillen zwischen sich einschliessen, somit wie die ganze Muskelfaser auch deren einzelne Bestandteile umhüllend. Im Endolemma finden sich Lymphspalten.

In der Muskelsubstanz selber ist Folgendes zu erkennen.

Die helle Schicht — das lässt sich auch an Muskeln von Vertebraten relativ leicht erkennen — wird durch eine dunkle Linie in zwei Abschnitte geteilt. Diese Linie ist die Krause'sche Querlinie oder, wie man sie jetzt richtiger nennt, die Zwischenscheibe; sie wird mit dem grossen Buchstaben *Z* bezeichnet. Der zwischen je zwei Zwischenscheiben eingeschlossene Teil der Muskelfibrille ist ein Muskelkästchen; diese Begrenzung erscheint durch den vorhin erwähnten Zusammenhang des Endolemma mit *Z* als eine natürliche. Die auf *Z* folgende isotrope Substanz einer jeden Fibrille wird wiederum durch eine Scheibe in zwei Abteilungen zerlegt, diese Scheibe ist die Engelmann'sche Nebenscheibe, kurz mit *N* bezeichnet. Der zwischen *Z* und *N* gelegene Teil, welcher der kleinere ist, ist einfach lichtbrechend, man bezeichnet ihn nach Rolletts Vorgange mit *E*; der zwischen *N* und der dunklen anisotropen Substanz gelegene Abschnitt ist der Rest der isotropen Substanz der Autoren und erhält den Buchstaben *J*. Nunmehr folgt in jeder Fibrille die dunkle Substanz, welche die „Sarcous elements" darstellt. Dieselbe, optisch anisotrop, wird durch eine Scheibe quergeteilt, welche bei Insektenmuskeln ein Drittel des Längsdurchmessers der dunklen Substanz für sich einnimmt. Letztere, die Querscheibe, erhält den Buchstaben *Q*, erstere, die sogenannte Hensen'sche Mittelscheibe, wird von Rollett mit *h*, von v. Thanhoffer mit *M* bezeichnet.



Figur 72.
Muskelfaser eines Insekts; nach Rollet. *Ed* = Endolemma; *Z* = Zwischenscheibe (Krause); *N* = Engelmann'sche Nebenscheibe; *E* = einfach lichtbrechende Substanz; *J* = Rest der isotropen Substanz; *Q* = anisotrope Substanz; *M* = Hensen'sche Mittelscheibe.

Nicht so deutlich wie bei Insektenmuskeln sind diese Verhältnisse an den Muskeln der Wirbeltiere. Beim Hunde sah ich nur

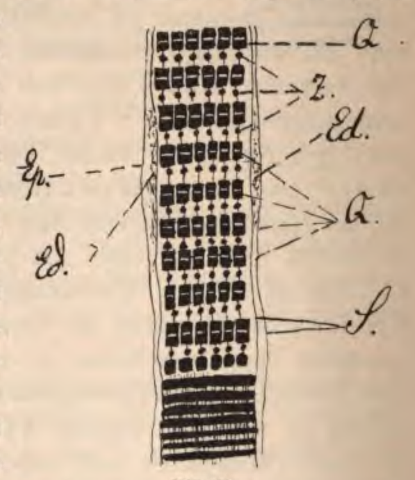
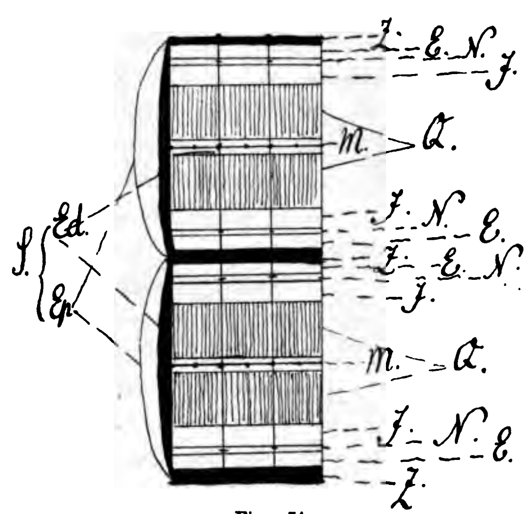


Fig. 73.
Muskelfaser v. Hunde, sehr starke Vergrösserung. *Ep* = Epilemma; *Ed* = Endolemma; *S* = Sarkolemma; *Q*, *Z* = cfr. Figur 72.

Q, welche durch eine schmale, helle, wie ein Spalt erscheinende Scheibe, die Hensen'sche Mittelscheibe, in zwei Hälften zerlegt wurde, und *Z*, während zwischen *Z* und *Q* wohl je ein feiner Verbindungsstrang (sarkoplasmatisch?) sichtbar war, aber von dem bei Insektenmuskeln erkennbaren Detail nichts wahrgenommen werden konnte. Undeutlich war auch die Zerlegung der Sarkolemma in seine beiden Bestandteile, das Epi- und Endolemma; zudem wurde an dem einem Ende der Faser die ganze Struktur verwaschen.

Entwerfen wir uns nunmehr zum besseren Verständnisse aus allem bisher angeführten ein Schema des Baues der quergestreiften Muskelfaser:

Die Faser besteht aus Fibrillen, jede Fibrille zeigt abwechselnd dunkle und helle Streifen und besteht aus Muskelkästchen. Jedes Muskelkästchen wird auf beiden Seiten von der Zwischenscheibe — Krause'sche Querlinie — begrenzt und zeigt eine Zusammensetzung aus mehreren Scheiben, die in nachstehender Reihenfolge geordnet sind: *Z*, *E*, *N*, *J*, *Q*, *M*, *Q*, *J*, *N*, *E*, *Z*. Das beistehend abgebildete v. Thanhoffer'sche Schema wird die Orientierung in diesen sehr komplizierten Verhältnissen erleichtern. Zu erwähnen ist noch, dass in der hellen Substanz, der isotropen Substanz der Autoren, von den Scheiben nur *Z* konstant ist, während *N* häufig fehlt.



Figur 74.
Schema von drei Muskelfibrillen, nach v. Thanhoffer. *S* = Sarkolemma bestehend aus *Ep.* = Epilemma und *Ed.* = Endolemma; *Z.* = Zwischenscheibe; *E.* = isotrope Substanz; *N.* = Nebenscheibe; *J.* = Rest der isotropen Substanz; *Q.* = Querscheibe; *M.* = Hensens Mittelscheibe. Die feinen Längsfäden stellen Sarkoplasma dar.

§ 47. Wir haben erwähnt, dass die dunkle Querstreifung im polarisierten Lichte doppelt brechend erscheint, während die helle einfach brechend ist. Es war bemerkt worden, dass *E* in der hellen einfach brechend ist, während *Z* als der Rest der isotropen Substanz der Autoren bezeichnet wurde. Das hat seinen guten Grund, denn wie Rollett gezeigt hat, sind in der isotropen Substanz anisotrope Stellen vorhanden. Untersucht man nämlich die quergestreiften

Muskelfasern im spektral zerlegten polarisierten Lichte, so findet man, dass die Streifen *Q*, *Z* und *N* doppeltbrechend, die Streifen *M* und *E* einfach brechend sind. *Z* und *N* gehören aber zur ursprünglichen isotropen Substanz, *M* liegt in der anisotropen. Verschiebt man nur um weniges das Spektrum, so genügt das, um die in dem Interferenzstreifen leuchtenden *Z* und *N* zu verdunkeln, während zur Verdunkelung von *Q* eine grössere Verschiebung nötig ist. Daraus ist der Schluss zu ziehen, dass *Z* und *N* aus einer schwächer doppelt brechenden Substanz bestehen, als *Q*. Es sei hier gleich noch die Bemerkung hinzugefügt, dass mit der Kontraktion der Muskelfaser ein Sinken der Doppelbrechung pari passu einhergeht.

§ 48. Wie verhalten sich nun — die Beantwortung dieser Frage ist von grösstem histologischen und physiologischen Interesse — die einzelnen Scheiben eines Muskelkästchens bei der Kontraktion?

Am weitesten führt auch hier das Studium der Insektenmuskeln, da die Kontraktionsphasen derselben sich zu mikroskopischen Zwecken fixieren lassen. An den Muskeln durchsichtiger Insektenlarven z. B. beobachtet man nämlich wellenförmig ablaufende Kontraktionen, deren Eintritt durch besondere Reize bedingt wird. Die Wellen sind steil ansteigende und abfallende Knoten der Fasern, die langsam vorrücken. Wirft man eine solche Larve in Alkohol von 39 %, so fixiert man solche Wellen, doch stellen die fixierten je eine Summe einzelner Teile zeitlich getrennter Wellen dar. Sie entstehen im absterbenden Objekte dadurch, dass eine Reihe einander folgender kurzer lebender Wellen successive zum Teil durch die Gerinnung der Gewebssäfte fixiert werden. Unter dem Mikroskope erkennt man nun, dass allmählig die Streifen *Z, E, N, J* bez. *J, N, E, Z* sich einander nähern, *E* wird ganz undeutlich, man erhält die Reihenfolge *J, N, Z, N, J,* wobei *N, Z, N* ganz dicht an einander liegen, dann schwindet überhaupt jeder Unterschied und es ist ein einziger, homogen erscheinender Streifen *C* vorhanden. Pari passu damit geht eine Veränderung im Verhalten von *Q, M, Q. M* wird immer schmäler und geht schliesslich fast völlig in *Q* über, hier nur noch als einfache, dunkle Linie erscheinend. Wir haben auf der Höhe der Kontraktion abwechselnd nur die Streifen *C, Q, C* in einem Muskelkästchen; die beigegebene Figur 75 nach Rollet erläutert das Gesagte. Mit Annäherung der einzelnen Scheiben an einander findet zu-



Figur 75.
Schema der Kontraktion einer Muskelfaser, nach Rollet. *Ed.* = Endolemma; *Q.* = Querscheibe; *C.* = die Summe der übrigen Scheiben.

gleich ein Dickerwerden derselben statt und die Querstreifen liegen dichter.

§ 49. Bei einzelnen Tieren, z. B. Truthahn, Kaninchen, sind einige Muskeln durch dunkelrote Farbe von anderen hellrosafarbenen deutlich unterschieden; letztere nennt man auch weisse Muskeln. Die roten Muskeln haben eine unregelmässige Quer- und eine sehr deutliche Längsstreifung; sie sind reich an Sarkolemmakernen, richtiger Endolemmakernen, und kontrahieren sich langsamer als die weissen. Beim Menschen ist eine solche Differenz nicht deutlich ausgesprochen. Als Specimina der roten Muskeln können der Semitendinosus und das Diaphragma, als Beispiel eines weissen Muskels kann der Adductor magnus des Kaninchens gelten.

D. Nervengewebe.

Allgemeines.

§ 50. Die Elemente des Nervengewebes, das ektodermalen Ursprunges ist, kann man nach ihrem äusseren Aussehen einteilen in Nervenzellen und Nervenfasern. Die ersteren wurden in den Anfangszeiten der Histologie, als man ihre Fortsätze noch nicht beobachtet hatte, wegen ihrer kugeligen Gestalt Kugelzellen oder Ganglienzellen genannt, welch' letzterer Name für dieselben dauernd im Gebrauche geblieben ist. Die Ganglienzellen finden sich hauptsächlich in den Centralteilen, also im Gehirn und Rückenmark, in peripheren Anhäufungen, den Spinalganglien und den sympathischen Ganglien, und zerstreut in einzelnen Organen. In den Spinalganglien schienen sie anfänglich ausser jeder Beziehung mit den Nervenfasern, sie wurden daher mit dem ganz unpassenden Namen der „Belegkörperchen“ bezeichnet. Der Streit darum, ob diese Belegkörperchen Fortsätze besitzen oder nicht, ist erst relativ spät entschieden worden.

Die Nervenfasern, die wegen ihrer faserigen Beschaffenheit den Namen mit Recht tragen, in Wahrheit, wie wir noch sehen werden, der Länge nach aneinander gereihte Zellen darstellen, wenigstens in den peripheren Nerven, bilden die sogenannte weisse Substanz in Gehirn und Rückenmark und die den Körper durchziehenden und die einzelnen Teile versorgenden Nervenstämme.

Nervenfasern.

§ 51. Betrachten wir zunächst den mikroskopischen Bau der Nervenfasern. Wir können dieselben in zwei Hauptgruppen teilen:

in die markhaltigen oder weissen und die marklosen oder grauen Nervenfasern. Die letzteren sind die Fasern des sympathischen Nervensystems, die ersteren die des vom Gehirn und Rückenmarke entspringenden cerebrospinalen Nervensystems.

Zerzupfen wir einen cerebrospinalen Nerven vorsichtig mit Nadeln, so sind wir im Stande, ihn in seine einzelnen Fasern, welche von mikroskopischem Umfange sind, zu zerlegen. Frisch zeigen dieselben unter dem Mikroskope ein fast homogenes Aussehen; sie stellen sich als schmale, parallel begrenzte und einfach konturierte Bänder oder Cylinder dar, deren Durchmesser in demselben Nervenstamme ziemlich bedeutend schwankt. Sie verlaufen ungeteilt zum peripheren Organe, hier durch Teilung, die gewöhnlich eine dichotomische ist, da jede Faser sich meist nur in zwei Fasern teilt, successive zerfallend. Bald tritt in dem frischen durchsichtigen Nerven eine Trübung ein, der Inhalt des schmalen Bandes oder besser Cylinders erscheint wie aus einzelnen Schollen zusammengesetzt, die ein sehr unregelmässiges Aussehen besitzen; der Inhalt ist, wie man sich ausdrückt, geronnen. Zusatz von Reagentien, vorausgesetzt, dass derselbe frühzeitig genug, vor dem Eintritte der Gerinnung, geschieht, lehrt bald, dass der homogene Cylinder thatsächlich ein aus verschiedenen Teilen zusammengesetztes Gebilde ist. Je nach der Beschaffenheit des Reagens präsentieren sich die Teile in verschiedener Form, doch kann man folgende an allen cerebrospinalen, peripheren Nerven vorkommende unterscheiden: Axencylinder, Markscheide oder Mark, Schwann'sche Scheide oder Neurilemma und Ranvier'sche Einschnürung oder Schnürring.

An Präparaten, die durch Behandlung der Nerven mit salpetersaurem Silber gewonnen wurden, sieht man bei schwacher Vergrösserung an jeder einzelnen Nervenfaser in bestimmten, regelmässigen Abständen ein dunkelbraunes, mitunter schwarzes Kreuz, das die Form des lateinischen Kreuzes hat. Der Querbalken des Kreuzes, der bei Anwendung stärkerer Linsensysteme, sich als ein die Faser umgebender Ring darstellt, ist die Ranvier-sche Einschnürung. Die besondere Affinität derselben zu dem salpetersaurenSilber, die den übrigen Teilen der Nervenfaser abgeht, zeigt,

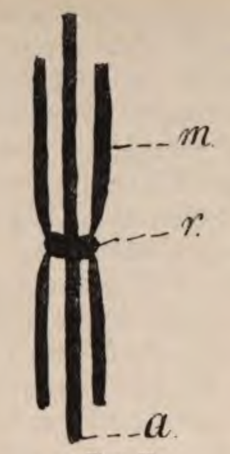
Figur 76.
Markhaltige Nervenfaser vom Frosch; mit Silberlösung behandelt. m=Mark, r=Schnürring; a = Axencylinder; w = wulstförmige Verdickung der Scheide.

dass wir es hier mit einer Substanz zu thun haben, die in ihrer chemischen Zusammensetzung von der des Nervenmarkes und des Axencylinders bedeutend abweicht. Vielleicht ist dieselbe, da sie gleiche Eigenschaften hat, wie die Kittsubstanz der Endothelien, d. h. sich in gleicher Weise wie diese mit Silbersalpeter imprägniert, ebenfalls als eine Kittsubstanz zu betrachten. Der Längsbalken des Kreuzes ist stets oder fast stets in der Axe der Nervenfaser gelegen und ungefähr von gleicher Ausdehnung wie der Querbalken; er ist der Teil des Axencylinders, der an die Substanz der Einschnürung, an den Schnürring, angrenzt. Fast immer hört die braune oder schwarze Färbung, welche der am Schnürringe gelegene Teil des Axencylinders angenommen hat, plötzlich auf, so wie dies in Figur 76 zu sehen ist; manchmal aber geht die Färbung auch noch weiter in den Axencylinder, dann sich allmählig zu einem matten Gelb abtönend. Der Rand der Faser erscheint doppelt, es ist der sogenannte doppelte Kontur. Zwischen ihm und dem Axencylinder befindet sich eine, wie der doppelte Kontur ungefärbt gebliebene, gelegentlich leicht punktiert aussehende Masse. Die Unterscheidung zwischen ihr und dem doppelten Kontur ist bei der Farblosigkeit beider nur dadurch möglich, dass der Kontur glänzender, weil stärker lichtbrechend, ist als die Innenmasse.

Endlich ist noch zu erwähnen, dass an der Stelle der Ranvier-schen Einschnürung in den Silberpräparaten die Schwann'sche Scheide etwas abgehoben ist und hier eine wulstförmige Verdickung erkennen lässt, welche in Argentum nitricum sich nicht gefärbt hat und leicht granuliert, wie porös erscheint. Diese wulstförmige Verdickung, welche, nebenbei bemerkt, von den neueren Autoren, die über die cerebrospinale periphere Nervenfaser nach mir gearbeitet haben, nicht beachtet worden ist, geht um die ganze Circumferenz der Faser herum. Sie ist nur gut an Silberpräparaten und an vergoldeten Nerven zu sehen, angedeutet trifft man sie in frisch ohne jeden Reagentienzusatz zerzupften Nerven an, doch nur dann, wenn die Nerven noch gut erhalten, d. h. nicht geronnen sind.

Etwas anders erscheinen die Bilder der markhaltigen Nervenfaser, wenn man den Nerven mit einem Färbemittel, etwa alkoholischer Fuchsinlösung, behandelt und dann zerzupft hat.

Hier präsentiert sich zunächst die Ranvier'sche Einschnürung als ein dunkelbraunroter Ring, der wie ein Kautschukring die ganze Nervenfaser, also inclusive der Schwann'schen Scheide und deren Verdickung, eng umgiebt. In der Mitte der Faser ist der in seiner ganzen Ausdehnung dunkelrot tingierte Axencylinder gelegen, der



Figur 77.
Markhaltige Nervenfaser vom Frosch; mit Fuchsin behandelt; m = Mark; a = Axencylinder; r = Schnürring.

häufig innerhalb der Faser wellenförmig gebogen verläuft und an den Rissenden derselben oft, wie der Docht aus einem Lichte, hervorragt. Der doppelte Kontur ist ebenfalls tiefrot gefärbt, während die zwischen ihm und dem Axencylinder gelegene Masse ein hellrotes Kolorit gewonnen hat, das sich in der Figur 77 nicht nüancieren liess.

Hat man die Nervenfasern mit Überosmiumsäure behandelt, so erscheinen ihre mikroskopischen Verhältnisse wiederum etwas anders. Der doppelte Kontur ist jetzt dunkelschwarz gefärbt und zeigt unregelmässige, von aussen nach innen gehende Sprünge. Der Axencylinder, so wie er bisher beschrieben wurde, ist hier nicht zu erkennen, der vom doppelten Kontur umschlossene Raum erscheint stahlblau — eine Thatsache, deren Verständnis erst später möglich sein wird, — lässt aber im Allgemeinen an nicht zu alten Präparaten keine weiteren Eigentümlichkeiten erkennen. An der Stelle, wo bei Silberpräparaten das Axenkreuz, bei Fuchsinpräparaten der dunkelbraunrote Ring gelegen ist, zeigt sich hier eine Unterbrechung der Nervenfaser, die sich dadurch kund giebt, dass der schwarz gefärbte doppelte Kontur abgerundet aufhört und dass die von ihm freigelassene Strecke von einem ungefärbten Bande überbrückt ist, in dessen Mitte man einen hellen, glänzenden, aber sehr schmalen Streifen sieht.



Figur 78.
Markhaltige Nervenfaser vom Frosch; mit Überosmiumsäure behandelt. m = Mark; a=Axencylinder; r=Schnürring; l=Lantermann'sche Einkerbung.

§ 52. Die Beziehungen zwischen doppeltem Kontur und Axencylinder sollen später erörtert werden, während das, was über die Ranvier'sche Einschnürung allgemein zu sagen ist, hier folgen möge.

Wir haben gesehen, dass die markhaltige periphere Nervenfaser von einem Gebilde durchsetzt wird, das sich in salpetersaurem Silber wie eine Kittsubstanz braun, in Fuchsin dunkelbraunrot färbt und in Überosmiumsäure als ein schmaler glänzender Streifen oder besser als eine solche Scheibe erscheint. Diese Gebilde unterbrechen

die Kontinuität des doppelten Konturs und der zwischen ihm und dem Axencylinder gelegenen periaxalen Masse, unterbrechen aber den Axencylinder nicht. Wohl trifft man in einzelnen Präparaten den letzteren an der Einschnürungsstelle abgerissen, doch kann diese Erscheinung zweifellos als arteficieller Natur betrachtet werden. Es stellen, erwägt man, dass die bisherigen Beschreibungen von Flächenansichten der Fasern entnommen wurden, die körperliche Gestalt derselben aber gar nicht oder nur beiher berücksichtigt wurde, die Gebilde an den Ranvier'schen Einschnürungen in Hinsicht auf den letzten Punkt Ringe dar, welche innerhalb der Schwann'schen Scheide gelegen sind, wie die Silberbilder lehren, die ganze den Axencylinder direkt umhüllende Substanz unterbrechen und nur am Axencylinder zum Durchtritte für denselben durchbohrt sind.

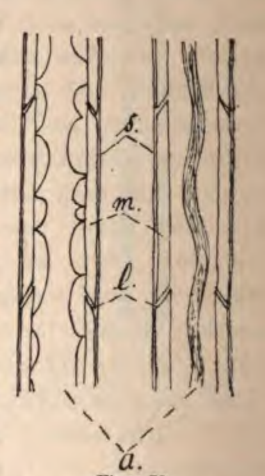
Die Einschnürungen folgen sich an den peripheren markhaltigen Nerven in regelmässigen Abständen von etwa 1—1,5 mm. Zwischen je zwei Einschnürungen findet sich immer nur ein Kern der Schwann'schen Scheide. Diese Kerne liegen, wie aus der später folgenden Figur 82 ersichtlich, an der Innenfläche der Scheide von einem protoplasmatischen Hofe umgeben und wölben den doppelten Kontur nach innen vor. Es sei hier bemerkt, dass die früher beschriebene wulstartige Verdickung der Scheide, welche man in Silberpräparaten aussen von der Ranvier'schen Einschnürung sieht, nicht auf eine Verwechselung mit Kernen der Scheide zu reduziern ist. Die mikroskopische Verschiedenheit von Verdickung und Kern ist eine so augenfällige, dass eine solche Verwechslung eine Unmöglichkeit ist. Man kann, um auf die Ranvier'sche Einschnürung zurückzukommen, den zwischen zwei Schnürringen gelegenen Abschnitt einer Nervenfaser, der einen Kern enthält, als eine Zelle, und jenen unterbrechenden Ring als Zellgrenze betrachten. Frey hat diese Zellen wegen ihres stabförmigen Aussehens mit dem Namen Stabzellen belegt. Die periphere markhaltige Nervenfaser besteht also aus einer linear angeordneten Kette von Stabzellen, die mit einander durch eine ringförmige Scheibe von Kittsubstanz verbunden sind; durch letztere wird nur die Substanz des Axencylinders nicht unterbrochen, der vielmehr kontinuierlich durch die ganze Nervenfaser sich hinzieht.

Auch an den Teilungsstellen der Nervenfasern finden sich diese Schnürringe und auch hier ist die Kontinuität des Axencylinders erhalten.

§ 53. Betrachten wir jetzt den Axencylinder näher. Der-

selbe ist unstreitig der wichtigste Teil der markhaltigen Faser, er leitet die Nervenerregung in centripetaler bez. centrifugaler Richtung und in ihn setzen sich in mehr oder minder komplizierter Weise die Ganglienzellen fort.

Die Frage, ob der Axencylinder ein präexistentes Gebilde ist oder ob er als Kunstprodukt, als eine Gerinnungserscheinung im Inhalte der Nervenröhren zu betrachten ist, hat lange Streitigkeiten in der Wissenschaft hervorgerufen, sie ist endlich zu Gunsten der Präexistenz entschieden worden. Will man ihn sich schnell zur Anschauung bringen, so genügt es, eine Nervenfaser, die dem eben getödteten Tiere entnommen ist, trocken zu zerzupfen, einen Tropfen Collodium zuzusetzen und das Präparat einzudecken. Bei der gleich vorzunehmenden Untersuchung — das Präparat verdirbt nach wenigen Minuten — erkennt man den Axencylinder als ein ziemlich breites helles Band in der Axe der Nervenfasern. Indessen sowohl diese Methode, wie auch fast alle übrigen, mit welchen wir Nerven zu konservieren pflegen, geben keine richtige Anschauung von der thatsächlichen Grösse des Axencylinders, das Collodiumbild wie auch die vorhin erwähnten Silber- und Fuchsinbilder zeigen uns nur einen mehr oder minder geschrumpften Axencylinder. Will man über die Verhältnisse in's Klare kommen, so muss man die peripheren markhaltigen Nerven in sogenannter physiologischer Kochsalzlösung zerzupfen. Hierin erkennt man Folgendes:



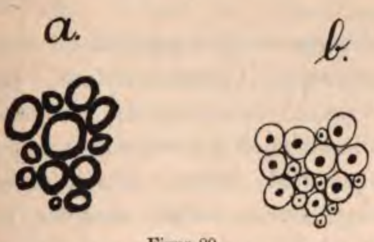
Figur 79.
Markhaltige Nervenfaser vom Frosch; in physiologischer Kochsalzlösung.
s = Schwann'sche Scheide; m = Mark; l = Lantermann-sche Einkerbung; a = Axencylinder in a als federseelenartiges Gerinnsel, in b = bandartig geschrumpft.

Der doppelte Kontur, der mehr oder minder deutlich von innen nach aussen gehende, in ziemlich regelmässigen Abständen vorhandene Sprünge besitzt, hat einen gelbgrünlichen Glanz. Er begrenzt einen Raum, der im allgemeinen homogen erscheint und viel blasser ist, als er selber. Nach einiger Zeit, die je nach der Einwirkung der Kochsalzlösung, je nach der Jahreszeit, in der man untersucht, und je nach der Tierspecies, welcher der Nerv entnommen ist (am besten sind Frösche) eine verschieden lange ist, bemerkt man bei Anwendung starker Linsen in dem vom doppelten Kontur umschlossenen Raume ein eigentümliches Gebilde. Dasselbe wurde zuerst von Boll entdeckt und als federseelenartiges Gerinnsel

beschrieben. Die Konturen desselben sind gleichsam nur hingehaucht und daher nicht leicht wahrzunehmen; das Ganze erweckt den Eindruck, als ob in dem blassen Inhalte der Nervenfaser eine Gerinnung beginnt. Zum Teil hat sich das Gebilde vom doppelten Kontur bereits abgehoben, zum Teil haftet es noch an demselben an, das Aussehen erinnert lebhaft an die sogenannte Seele im Schafte einer Vogelfeder. Bei weiter fortgesetzter Beobachtung sieht man, wie allmählig dieses federseelenartige Gerinnsel immer mehr schrumpft, sich ganz vom doppelten Kontur zurückzieht und erhält als Endresultat des Prozesses den in der Axe der Faser gelegenen Axencylinder der Autoren. An diesem Axencylinder kann man eine leichte Längsstreifung wahrnehmen, die indessen nicht als der Ausdruck einer inneren Struktur zu betrachten ist, da der so entstandene Axencylinder nur ein Schrumpfungsprodukt ist. Aus der Thatsache, dass das federseelenartige Gerinnsel zum Axencylinder der Autoren schrumpft, welche Thatsache vor Jahren von mir zuerst beschrieben wurde, geht unzweifelhaft hervor, dass der ganze vom doppelten Kontur umschlossene Raum den Axencylinder darstellt, dass der Axencylinder, wie er gewöhnlich abgebildet wird, ein Schrumpfungsprodukt ist und endlich, dass der doppelte Kontur die ganze Markscheide repräsentiert.

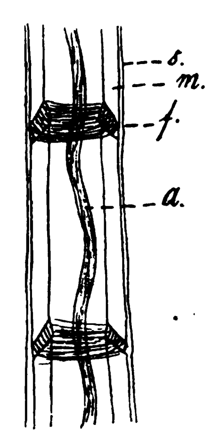
Die zwischen Mark und Axencylinder befindliche periaxale Masse, die man nur an Zupfpräparaten, wie sie früher beschrieben wurden, wahrnehmen kann, ist offenbar bei der Schrumpfung des Axencylinders von diesem ausgepresst worden. An Schnittpräparaten von konservierten Nerven kann man diese Trennung von Mark und periaxaler Masse nicht mehr sehen, der Axencylinder wird vielmehr von einer homogenen, nur manchmal konzentrisch geschichtet aussehenden Substanz umgeben.

Diese Thatsache, welche später bei Nichtbeachtung der Angaben von Boll und von mir von neuem gefunden wurde, erklärt auch zur Genüge die wechselnden Bilder, die man an Querschnitten von verschieden konservierten Nervenfasern erhält. Nach Osmiumbehandlung sieht man auf Querschnitten einen dunkel schwarzen schmalen Ring einen ungefärbten oder schwach gelb gefärbten Inhalt umgeben, während z. B. an Präparaten in Müller-scher Flüssigkeit erhärteter Nerven



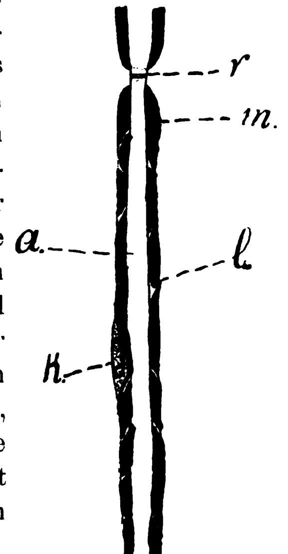
Figur 80.
Quergeschnittene Nervenfasern. *a* vom Frosch; Osmiumpräparat. *b* vom Hunde; Müller-präparat.

ihren Entdeckern die Schmidt-Lantermann'schen Einkerbungen genannt, die von ihnen gebildeten Abteilungen in der Markscheide heissen cylindrokonische Segmente. Die Segmente sind in Kochsalzpräparaten ziemlich gleichmässig gestaltet und regelmässig angeordnet; zwischen je zwei Einschnürungen, also in einer Stabzelle, zählt man etwa 25—30. Im Laufe der Beobachtung rücken die Segmente etwas weiter auseinander und es erscheint dann, gewissermaassen als dritter Kontur, die Schwann'sche Scheide, welche an den Nerven der Mäuse eine fast tintenschwarze Linie ist. Sie geht kontinuierlich über die Lücken zwischen den Segmentspitzen hinweg.



Figur 81. Markhaltige Nervenfaser vom Frosch; in physiologischer Kochsalzlösung. *s* = Scheide; *m* = Mark; *a* = Axencylinder; *f* = Falten.

Etwas anders erscheinen die Lantermann'schen Marksegmente an Präparaten, die durch Zerzupfung in Überosmiumsäure hergestellt wurden. Sie sind von sehr unregelmässiger Gestalt, viel kleiner als die Segmente in Kochsalzpräparaten, die Spitzen sind ganz verschiedenartig gestaltet und häufig differieren die einander gegenüberliegenden Teile des Markes. Das will für die körperliche Form der Nervenfaser besagen — die vorstehende Schilderung berücksichtigt nur das Flächenbild — dass die cylindrokonischen Abteilungen des Markcylinders, denn einen Cylinder bildet die Markscheide, sehr unregelmässig gebildet sind. Sie haben auf der einen Seite eine lange, auf der anderen eine kurze Wand, manchmal haben die Wandungen wiederum Sprünge, die also einen neuen Zerfall andeuten. Mit dieser Ungleichmässigkeit der Bildung, welche die Osmiumsegmente von den Kochsalzsegmenten scharf unterscheidet, geht Hand in Hand die ausserordentlich grössere Zahl derselben in Osmium; man findet nämlich hier zwischen je zwei Einschnürungen 59—69 Segmente, zuweilen sogar 78.

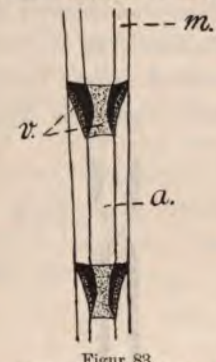


Figur 82. Markhaltige Nervenfaser vom Frosch; in Überosmiumsäure. *m* = Mark; *r* = Schnürring; *a* = Axencylinder; *l* = Lantermann'sche Einkerbungen; *k* = Kern.

Auch in Osmiumpräparaten rücken, wie in Kochsalzpräparaten, die Marksegmente bei längerer Dauer der Beobachtung allmählig auseinander und dabei tritt ein Verhalten der

Schwann'schen Scheide ein, welches die grösste Beachtung verdient. In dem Raume zwischen je zwei Segmentspitzen, in der Spitzenlücke, erkennt man, bald zahlreicher bald weniger zahlreich, schräg zur Faseraxe verlaufende dunkle Striche, welche sich mit denen in der gegenüberliegenden Spitzenlücke durch quer über die Faser ziehende Schlieren verbinden. Ich habe seiner Zeit, als ich diese Thatsache zuerst beschrieb, dieselbe als den Ausdruck einer in der Schwann'schen Scheide vor sich gehenden Faltenbildung betrachtet, welche dadurch zu Stande kommt, dass die Scheide dem allmählig infolge der Wasser entziehenden Wirkung des Kochsalzes schrumpfenden Marke nicht zu folgen vermag. Der Eintritt dieser Faltenbildung erfolgt ungefähr gleichzeitig mit dem ersten Sichtbarwerden des federseelenartigen Gerinnsels.

Man ist jetzt allgemein geneigt, die Schmidt-Lantermann'schen cylindrokonischen Segmente als präexistente Bildungen zu betrachten, und dies um so mehr, als in jüngster Zeit hier in den Spitzenlücken Bildungen beobachtet wurden, welche für dieselben als besonders charakteristisch gehalten werden. Man sieht nämlich an den Stellen der Einkerbungen Verdickungen in der Scheide, welche die Form der Stücke besitzen und als Ringbänder, die zwischen die Abschnitte der Segmente eingeschoben sind, und die ganze Nervenfaser umfassen, gedeutet werden.

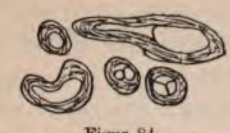


Figur 83. Nerv vom Frosch, nach Johansson. a = Axencylinder; m = Mark; v = Ringband.

Indessen sowohl diese Ringbänder als auch die oben erwähnten Faltenbildungen lassen mich an meiner alten Ansicht festhalten, dass den cylindrokonischen Segmenten keine Präexistenz zukommt, dass sie vielmehr Zersetzungsbilder der Nervenfaser sind. Was die Ringbänder anlangt, so ist es nicht möglich, nach der Angabe ihres Entdeckers, die Erhaltung derselben in den mit Müller'scher Flüssigkeit gehärteten Nerven zu beherrschen. In unkontrolierbarer Weise sind sie bald gut bald schlecht konserviert, zu ihrer Darstellung bedarf es einer mehrwöchentlichen Einwirkung des Reagens. Das ist wohl nicht das Verhalten, welches präexistente Gebilde im Organismus im allgemeinen zeigen. Erwägt man noch die inkonstante Zahl der Segmente innerhalb einer Stabzelle, inkonstant bei demselben Nerven, so wird zum mindesten die Berechtigung nicht bestritten werden können, die Präexistenz der Schmidt-Lantermann'schen cylindrokonischen Segmente zu bezweifeln.

§ 55. Nervenfasern, welche in destilliertem Wasser zerzupft

wurden, lassen eine höchst interessante Eigenschaft des Markes erkennen. Dasselbe blättert auf und verflüssigt sich in dem genannten Reagens allmählig derart, dass der ganze Inhalt der Nervenfaser aus der Schwann'schen Scheide ausfliesst. Sind die Massen an eine Ranvier'sche Einschnürung gelangt, so stauen sie sich an der hier befindlichen Verdickung des Neurilemma auf und pressen sich durch dieselbe hindurch. Beim Austreten aus dem Rissende oder Schnittende der Faser bilden die verflüssigten Inhaltsmassen geschichtete Tropfen höchst variabler Form; die Innensubstanz derselben ist der Axencylinder, die Aussenschicht das Mark. Die Formen sind bekannt unter dem Namen der Myelinformen. Sie treten auch in alten, feucht, d. h. in Glycerin nicht in Balsam, aufbewahrten Präparaten auf und es ist dabei von Interesse, dass aus Nervenfasern, die mit Osmium behandelt waren, in denen also das Nervenmark schwarz gefärbt ist, die Myelinformen farblos erscheinen. Es sei gleich hier hinzugefügt, dass man ähnliche Bilder auch in alten Präparaten von feucht aufbewahrten, zerzupften Ganglienzellen erhält; also auch aus Zellen, die kein Nervenmark enthalten, treten Substanzen unter Bildung von Myelinformen aus; der letztere Name ist daher kein ganz glücklich gewählter.



Figur 84. Myelinformen des Froschnerven.

§ 56. Ein besonderes Strukturverhältnis haben Kühne und Ewald ferner am Marke der cerebrospinalen Nerven kennen gelehrt. Durch Verdauung der Nerven mittelst des pankreatischen Fermentes, des Trypsins, gelang es den genannten Forschern zu zeigen, dass um das Nervenmark herum und in demselben ein netzförmiges Gerüst von Fasern oder Scheiden vorhanden ist, die wegen ihrer Widerstandskraft gegen das tryptische Ferment von hornartiger Beschaffenheit sein müssen, sie wurden deshalb Neurokeratinscheiden genannt. In den Maschen des von denselben gebildeten Gerüstwerkes soll das Nervenmark gelegen sein.

Schon früher war, namentlich durch Kölliker, im Marke ein Gerüstwerk kennen gelehrt worden, das anscheinend mit dem Kühne-Ewald'schen zu identifizieren ist. Kocht man nämlich periphere markhaltige Nerven in Alkohol und Essigsäure, so wird das Mark entfernt und es bleibt eine eigentümliche, wirr aussehende und manchmal ein netzförmiges Gefüge zeigende Masse zurück.

Die Angaben der Nachuntersucher von Kühne-Ewald lauten sehr widersprechend; nach den Einen wird das Neurokeratingerüst in Trypsin verdaut, wenn das Ferment nur lange genug einwirkt,

nach Anderen wiederum soll sich das Gerüst mit Erhaltung des Markes durch besondere Konservierungs- und Färbemethoden nachweisen lassen.

Wie die Verhältnisse hinsichtlich dieser Gebilde thatsächlich liegen, muss erst noch endgiltig festgestellt werden.

Die weisse Faser in Gehirn und Rückenmark zeigt im Wesentlichen die gleichen Verhältnisse, nur fehlt ihr die Schwann'sche Scheide und dadurch ist in Zupfpräparaten ein eigentümliches Aussehen derselben bedingt. Sie erscheint nämlich nicht als ein parallel begrenztes Band, sondern ist varikös, d. h. in unregelmässigen Abständen ist die Faser durch spindelförmige Anschwellungen verdickt und gewinnt so ein perlschnurartiges Aussehen.



Figur 85. Fasern aus der weissen Substanz des Rückenmarkes der Maus. m = Mark; a = Axencylinder.

§ 57. Wir haben gesehen, dass Nervenmark und Axencylinder sich wesentlich verschieden von einander verhalten, nicht bloss hinsichtlich ihrer feineren Struktur, sondern auch hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung. Diese Differenz tritt besonders deutlich an Nerven hervor, welche mit Überosmiumsäure behandelt sind. Hier zeigt das Mark eine intensive Schwärzung, während der Axencylinder ganz ungefärbt geblieben ist oder nur einen leicht gelblichen Ton angenommen hat. Das Mark besteht eben, wie die Osmiumreaktion lehrt, aus einer fettreichen, der Axencylinder aus einer eiweissreichen Substanz.

§ 58. Es erübrigt noch die Beschreibung der marklosen oder grauen, oder, wie sie nach ihrem Entdecker genannt werden, Remak'schen Fasern. Der charakteristische Unterschied derselben von den markhaltigen besteht in dem Mangel einer Markscheide; dadurch fallen alle die Struktureigentümlichkeiten fort, welche mit einer solchen verknüpft sind. Das Mark giebt den cerebrospinalen Nerven ihr weisses Aussehen, sein Mangel lässt diese Fasern grau erscheinen. Der Axencylinder erscheint nicht als ein breites Band, sondern als ein Fibrillenbündel, das von der sehr kernreichen neurilemmatischen Hülle direkt umgeben ist. Die letztere ist sehr

Figur 86. Fasern aus dem Sympathicus des Frosches. s = sympathische Fasern; m = eine markhaltige Faser.

dick, lässt sich vom Fibrillenbündel nicht abziehen; die Kerne der einzelnen Fasern sind alternierend gestellt. Im Sympathicus, in dem diese Faserart vorkommt und die deshalb auch sympathische Faser genannt wird, finden sich übrigens auch feine markhaltige Nervenfasern in wechselnder Zahl vor.

Bei einer Wirbeltierklasse, den Cyclostomen, bestehen auch die cerebrospinalen Nerven nur aus grauen Fasern.

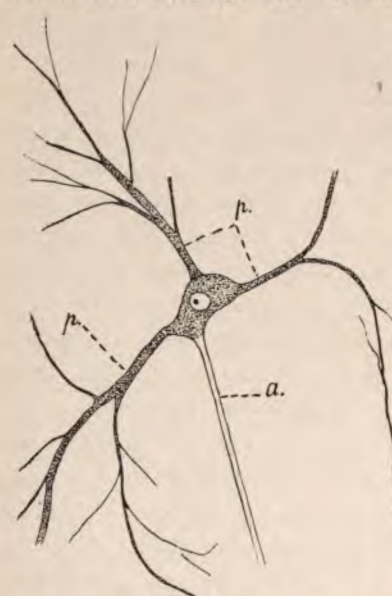
Ganglienzellen.

§ 59. In den einleitenden Worten zu dem Kapitel „Nervengewebe“ wurde angeführt, dass Ganglienzellen sich im Gehirn und Rückenmarke, in peripheren Anhäufungen und in den Organen vorfinden. Wir können demgemäss, da Gehirn und Rückenmark die Centren des Nervenapparates darstellen, centrale uud periphere Ganglienzellen unterscheiden. Eine solche Trennung ist nicht blos mit Rücksicht auf den Ort des Vorkommens der Ganglienzellen gerechtfertigt, sie ist auch im ganzen Habitus der Gebilde begründet. Indessen, so verschieden die Gestalten der centralen und peripheren Ganglienzellen auch sind, in den die Struktur des Zellleibes betreffenden Einzelheiten gleichen sie alle einander und diese gemeinsamen Eigenschaften sollen daher zunächst hervorgehoben werden.

Die Ganglienzellen der Wirbeltiere sind im allgemeinen mikroskopische Gebilde, nur die des elektrischen Centralorganes der Torpedineen lassen sich mit dem blossen Auge als kleine Pünktchen erkennen. Alle Ganglienzellen entbehren einer Membran, sind also nackte Zellen, doch zeigt sich hier eine kleine Differenz der centralen Zellen vor denen der Spinal- und sympathischen Ganglienzellen. Eine Membran hat, wie bemerkt, keine der beiden Arten; die peripheren Zellen aber liegen in einer Kapsel von Bindegewebe, während die centralen nackt in die Neuroglia eingebettet sind. Der Plasmaleib aller Ganglienzellen besitzt eine sehr feine gleichmässige Granulierung; er schliesst häufig ein gelbbraunes Pigment ein, das um so reichlicher ist, je älter das Tier ist, und das meist um den Kern, zuweilen auch an einem Pole, besonders an dem der abgehenden Nervenfaser, angehäuft ist. Einzelne Zellen sind oft ganz von Pigment erfüllt. Die Ganglienzellen haben stets nur einen Kern; zweikernige sind ausserordentlich selten und dürften wohl immer als in Teilung begriffene Zellen betrachtet werden. Der Kern ist stets sehr gross, bläschenförmig, liegt bald central, bald excentrisch, in den peripheren Zellen meist an dem der abgehenden Nervenfaser entgegengesetzten Pole. Die Kernmembran, obwohl zart, ist doch stets deutlich zu erkennen. Jeder Kern hat ein grosses, glänzendes Kernkörperchen.

In früheren Zeiten nahm man apolare Ganglienzellen an und betrachtete als solche diejenigen Zellen, von denen kein Fortsatz entspringt. Die vervollkommneten Methoden der histologischen Technik haben indessen gezeigt, dass fortsatzlose Zellen nicht vorkommen, und wo sie beobachtet werden, stets als Artefakte aufgefasst werden müssen. Man unterschied und unterscheidet noch heute multipolare oder polyklone, unipolare oder monoklone und bipolare oder amphiklone Ganglienzellen. Die Unterscheidung gründet sich auf die Zahl der von den Zellen abgehenden Fortsätze; multipolare sind solche, von denen viele Fortsätze entspringen, die unipolaren entsenden nur einen Fortsatz und die bipolaren zwei, die entweder nach entgegengesetzten Richtungen oder nach derselben Richtung von der Zelle abgehen. Ist das letztere der Fall, so spricht man wohl auch von geminipolen Zellen (gemini = Zwillinge); findet das erstere statt, so nennt man die Zellen oppositipol. Die Berechtigung zu diesen Unterscheidungen soll später diskutiert werden.

§ 60. Betrachten wir zunächst die multipolare Ganglienzelle. Dieselbe findet sich hauptsächlich in den centralen Teilen des Nervenapparates, in der Netzhaut des Auges aller Wirbeltiere und in einzelnen peripheren Anhäufungen niederer Vertebraten kommen sie ebenfalls vor. Je nach dem Teile des centralen Apparates, den man untersucht, ist das mikroskopische Bild der multipolaren Ganglienzellen ein verschiedenes; wir können daher Rückenmarks-, Kleinhirn-, Grosshirn- und Netzhautganglienzellen füglich von einander unterscheiden und müssen dieselben auch gesondert schildern.



Figur 87.
Ganglienzelle aus dem Vorderhorne des Rückenmarkes des Menschen.
a = Axencylinderfortsatz; p = Protoplasmafortsätze.

a) Rückenmarkszellen.

Die polyklonen Ganglienzellen des Rückenmarkes, die am besten an den grossen motorischen Zellen der Vorderhörner (cfr. Nervensystem), studiert werden, lassen an Isolations- und Schnittpräparaten, ausser jenen im vorigen § hervorgehobenen Struktureigentümlichkeiten, zwei Arten von Fortsätzen erkennen, den Axencylinderfortsatz oder, wie er gegenwärtig

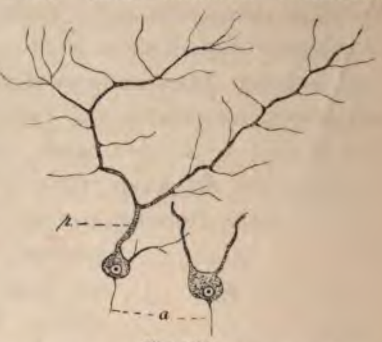
genannt wird, Nervenfortsatz und die Protoplasmafortsätze oder um die z. Z. übliche gelehrter klingende aber keineswegs bessere Bezeichnung anzuwenden, Dendriten. Deiters, dem wir die Erkenntnis dieser Thatsache verdanken und dem zu Ehren der Axencylinderfortsatz oft auch Deiters'scher Fortsatz genannt wird, gab an, dass der Axencylinderfortsatz, der stets aus dem Zellleibe direkt entspringt, unverästelt zur Peripherie gehe. Neuere Untersuchungen von Golgi u. A. aber haben dargethan, dass dies nicht der Fall ist, sondern dass der Axencylinderfortsatz auf seinem Wege zur Peripherie seitlich feine Reiserchen entsendet, welche als Collateralen bezeichnet werden. Dass der Fortsatz wirklich ein Axencylinder ist, lässt sich dadurch nachweisen, dass er in eine periphere markhaltige Nervenfaser übergeht. Bis zu seiner Umhüllung mit Nervenmark ist der Fortsatz nackt. Er zeichnet sich durch seinen geraden Verlauf, sein starres Aussehen und seine im Allgemeinen, wenn wir die später noch zu erörternde fibrilläre Struktur hier bei Seite lassen, homogene Beschaffenheit vor den Protoplasmafortsätzen aus. Die letzteren lassen ganz die Struktur des Zellleibes erkennen, besitzen also eine zarte Granulierung, die sehr weit zu verfolgen ist. Allerdings ist diese Eigenschaft nur an guten Zupf- und mit den älteren Methoden hergestellten Schnittpräparaten zu beobachten; an Präparaten dagegen, welche nach dem Golgi'schen Verfahren durch Imprägnation mit Silbersalpeter gewonnen wurden, sind die erwähnten Unterschiede wegen der gleichmässigen Schwärzung nicht zu sehen. Die Protoplasmafortsätze zeigen eine ungemein reiche, baumförmige Verzweigung, mittelst deren sie immer feiner werden. Nach Deiters sollen von diesen Fortsätzen feine Axencylinder entspringen; den Übergang der letzteren in wirkliche Nerven hat aber Deiters nicht nachgewiesen. Auf Grund der Untersuchungen von Golgi, Ramon y Cajal und Kölliker kennt man jetzt mehrere besondere Formen von multipolaren Zellen im Rückenmarke; dieselben sollen aber erst bei Beschreibung des Nervensystemes eingehender besprochen werden, hier, wo es sich nur um die Kennzeichnung des Gewebes handelt, genügen die obigen von einem Paradigma einer Rückenmarkzelle entnommenen Erörterungen.



Figur 88.
Ganglienzelle aus dem Vorderhorne des Rückenmarkes des Kaninchens; Golgipräparat. a = Axencylinderfortsatz; c = Collateralen; p = Protoplasmafortsätze; p_1 = Äste derselben; bei x biegt der Protoplasmafortsatz in eine andere Ebene um.

b) Kleinhirnzellen.

Die Ganglienzellen in der Rinde des Kleinhirns sind durch ihre ganz charakteristische Gestalt vor allen anderen centralen Ganglienzellen ausgezeichnet. Der protoplasmatische Leib ist im allgemeinen kugelförmig und giebt nach einer Seite entweder zwei gleich grosse Fortsätze oder einen grossen und einen kleinen oder auch bloss einen grossen oder vielmehr breiten Fortsatz ab. Derselbe ramifiziert sich hirschgeweihartig, so dass deswegen diese Zellen auch Hirschgeweihzellen genannt werden; nach ihrem Entdecker heissen sie Purkinje'scheZellen. Der eine oder die beiden Fortsätze sind die Analoga der Protoplasmafortsätze der Rückenmarkszellen; ganz wie bei letzteren setzt sich in sie die zarte Granulierung des Zellleibes fort. Genau entgegengesetzt vom Abgange der Protoplasmafortsätze entspringt aus der Zelle mit dreieckiger Basis ein zarter Fortsatz, welcher als Aequivalent des Axencylinderfortsatzes der Rückenmarkszellen zu betrachten ist. Er senkt sich in die sogenannte Körnerschicht des Kleinhirns ein; über sein Schicksal, sowie über die besonderen Formen von Zellen, die neuerdings im Cerebellum beobachtet worden sind, soll ebenfalls erst bei Beschreibung des Nervensystemes gehandelt werden.



Figur 89.
Zwei Zellen aus der Kleinhirnrinde des Kaninchens; (nur die linke Zelle ist ausgezeichnet).
a = Axencylinderfortsatz; p = Protoplasmafortsatz.

c) Grosshirnzellen.

In der grauen Rinde des Grosshirns der Säugetiere sind die charakteristischsten Ganglienzellen die sogenannten Pyramidenzellen von Meynert. Dieselben geben stets einen Fortsatz von der Spitze ab, den Spitzenfortsatz, während von der Basis drei Fortsätze entspringen. Zuweilen findet man noch einen fünften Fortsatz, der seitlich von der Zelle entspringt; manchmal sind an der Basis auch fünf, an der ganzen Zelle also sechs Fortsätze vorhanden. Der mittlere der basalen Fortsätze ist der Axencylinderfortsatz, von welchem, wie die neueren Untersuchungen gelehrt haben, eben-

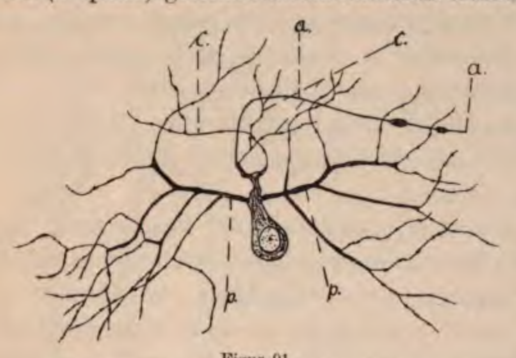


Figur 90.
Ganglienzelle aus der grauen Substanz der Grosshirnrinde des Kaninchens, Golgipräparat.
a = Axencylinderfortsatz; sp = Spitzenfortsatz.

falls Collateralen entspringen. Der Spitzenfortsatz und die anderen, basalen, Fortsätze sind Protoplasmafortsätze; sie geben zahlreiche Reiserchen ab und lösen sich dadurch allmählig auf.

d) Netzhautzellen.

Die Ganglienzellen in der sogenannten Gehirnschicht der Netzhaut (s. später) gleichen ihrem äusseren Aussehen nach den Purkinje'schen Zellen, von denen sie sich hauptsächlich durch die Abwesenheit jenes kleinen zarten Fortsatzes unterscheiden, der isoliert von einem Pole der Zelle entspringt. Auch sie haben Protoplasma- und Nervenfortsätze. Die ersteren ramifizieren sich ungemein reichlich, die einzelnen Reiserchen zeigen dabei, wie übrigens auch bei den gleichen Gebilden der anderen Ganglienzellen, zahlreiche variköse Verdickungen. Der Nervenfortsatz entspringt entweder aus dem Zellleibe direkt oder, was eben so häufig ist, von einem Protoplasmafortsatze und giebt mehrere Collateralen ab.



Figur 91.
Ganglienzelle aus der Retina des Menschen; nach A. S. Dogiel.
a = Axencylinderfortsatz; c = Collateralen; p = Protoplasmafortsätze.

§ 61. Auf diese Erörterungen, in denen nur die Paradigmata der centralen Ganglienzellen hervorgehoben wurden, sollen einige Bemerkungen über die fibrilläre Struktur derselben folgen. Wie aus der Beschreibung der markhaltigen Nervenfasern erinnerlich ist, hat Max Schultze den Nachweis erbracht, dass der Axencylinder derselben aus zarten, parallel zu einander angeordneten Fibrillen besteht, welche durch eine interfibrilläre Zwischensubstanz von einander getrennt und so physiologisch von einander isoliert sind. Ein gleiches Strukturverhältnis



Figur 92.
Fibrilläre Struktur einer polyklonen Rückenmarksganglienzelle; nach Max Schultze.
a = Axencylinderfortsatz; p = Protoplasmafortsätze.

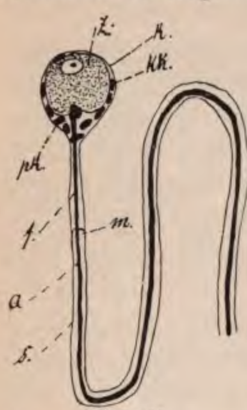
zeigen nun auch die centralen Ganglienzellen. Der ganze Leib derselben wird von zarten Fibrillen durchzogen — dieser fibrilläre Bau alteriert nicht im geringsten die aus unseren Erörterungen über die Zellstrukturen zu ziehende Folgerung, dass der Zellleib aus Protoplasma und Paraplasma besteht —, welche durch eine feinkörnige Zwischensubstanz von einander isoliert sind. Die Fibrillen durchziehen die Protoplasmafortsätze, gehen aus den einen in die anderen über, setzen den Axencylinderfortsatz zusammen und gehen von ihm aus durch die Zelle zu den Dendriten, in denen sie nicht enden. Hiernach wäre eine Ganglienzelle nur die Umlagerungsstätte der in sie ein- und aus ihr austretenden Nervenprimitivfibrillen. Diese Max Schultze'sche Lehre ist in neuerer Zeit namentlich durch Dogiel's Untersuchungen gestützt worden.

§ 62. Wir wenden uns nunmehr zur Besprechung der peripheren Ganglienzellen. Dieselben finden sich in den Spinalganglien und in den Ganglien des Sympathicus, im Herzen, im Darm, im Gehörorgane etc. Sie liegen in einer bindegewebigen Scheide, an deren Innenfläche ein endothelialer Überzug beobachtet worden ist.

Die Spinalganglienzellen sind sogenannte unipolare Zellen, d. h. Zellen, welche, im Gegensatze zu den centralen, nur einen Nervenfortsatz aussenden. Bei niederen Vertebraten hat man in den Spinalganglien auch multipolare und bipolare Zellen gefunden; von den letzteren später. Der einfache Fortsatz geht entweder gerade von der Zelle ab, begleitet von der Kapsel — es kommt hier also kein nackter Fortsatz vor —, oder er verläuft gebogen noch eine Strecke innerhalb der Kapsel, der Zelle mehr oder weniger dicht anliegend, und tritt aus der Kapsel an einer von seinem Ursprunge weit entfernten Stelle aus. In grösserer oder geringerer Entfernung von der Zelle umhüllt sich der Fortsatz mit Nervenmark, wird also zum Axencylinder einer markhaltigen Nervenfaser, während die Fortsetzung der Kapsel zur Schwann'schen Scheide (Neurilemm) wird. In Zupfpräparaten kann man den Fortsatz auf lange Strecken verfolgen, ohne an ihm eine Veränderung wahrzunehmen; häufig aber beobachtet man an ihm eine Zwei-

Figur 93.
a) Zelle aus dem Spinalganglion des Frosches.
z = Zelle; k = Kapsel; f = Fortsatz; a = Axencylinder; s = Scheide.
b) Nervenfaser aus dem Spinalganglion des Frosches.
st = Stammfaser; t = Teilungsprodukte.

teilung und zwar gehen die mit einer Ranvier'schen Einschnürung von ihm sich abzweigenden Fasern unter einem spitzen oder unter einem gestreckten Winkel ab. Im letzteren Falle bilden die Teilfasern mit der Stammfaser die Figur eines römischen T und man nennt daher die Faser seit Ranvier und Retzius, welche sie zuerst beschrieben haben, T-faser. Ob dieselbe wirklich ein konstantes Vorkommen ist, wie vielfach behauptet wird, oder ob sie nur eine Ausnahme, was mir noch immer das Wahrscheinlichere zu sein scheint, das bleibe dahingestellt.



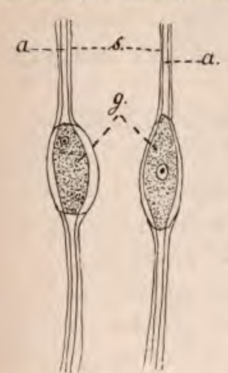
Figur 94.
Zelle aus dem Spinalganglion des Frosches.
z = Zelle; k = Kapsel; kk = Kapselkerne; pk = Polarkerne; f = Fortsatz; m = Mark; a = Axencylinder; s = Scheide.

In der Kapsel finden sich zahlreiche Kerne, die Kapselkerne, welche in der Nähe des Abganges der Nervenfaser besonders angehäuft sind und daher hier seit Courvoisier Polarkerne, weil an einem Pole der Zelle gelegen, genannt werden.

Die sympathische Zelle, wie sie in den Ganglien des Sympathicus, im Herzen und im Darme anzutreffen ist, ist das Beispiel einer geminipolen Zelle. Man hat nämlich, seit Beale und Arnold, ausser der gerade von der Ganglienzelle abgehenden Nervenfaser noch eine zweite gefunden, welche aus einem feinen den Zellleib umspinnenden Netze entstehend, die erstere in Spiralturen umwindet und deswegen auch Spiralfaser heisst. Ob sie wirklich nervöser Natur ist, wie ihre Entdecker und Verteidiger angeben, erscheint mir auch heute noch, trotzdem man sie mit der Methylenblaumethode von Ehrlich leicht darstellen kann, sehr zweifelhaft, doch gehört eine Erörterung über diesen Punkt nicht hierher.



Figur 95.
Zelle aus dem Sympathicus des Frosches.
z = Zelle; k = Kapsel; kk = Kapselkerne; f = gerader Fortsatz; sf = Spiralfortsatz.



Figur 96.
Zwei bipolare Ganglienzellen aus dem Ganglion Gasseri vom Hecht.
g = Ganglienzelle; a = Axencylinder; s = Scheide.

Eine besondere Form der peripheren Ganglienzelle ist die bipolare oder oppositipole Zelle. Dieselbe findet sich als ausschliesslicher Zellbestandteil in den Spinalganglien der Torpedineen, kommt im Ganglion Gasseri der Knochenfische und bei Säugern

im Ganglion spirale und der Intumescentia ganglioformis Scarpae im Ohre vor. Diese Zellen sind in den Verlauf markhaltiger Nervenfasern interpolierte protoplasmatische Körper von Spindelgestalt, deren Bedeutung z. Z. noch nicht völlig aufgeklärt ist. Es scheint mir, dass sie physiologisch nicht auf die gleiche Stufe mit den übrigen Ganglienzellen zu stellen sind, namentlich spricht dafür der Umstand, dass man bei Torpedineen häufig die Nervenfaser um die Zellen herumgehen sieht, derart, dass die Faser sich spaltet und in dem Spaltraume der plasmatische Körper gelegen ist, der mit der Faser keinen direkten Kontakt hat.

§ 63. Eine der wichtigsten Fragen in der mikroskopischen Anatomie der Ganglienzellen ist die nach der Polarität derselben; die Beantwortung hat früher lebhafte Streitigkeiten in wissenschaftlichen Kreisen hervorgerufen, die auch heute noch nicht beendet sind. Es rührt dies offenbar, meines Erachtens wenigstens, daher, dass man sich darüber, was man unter Polarität der Zellen zu verstehen hat, keineswegs allseitig klar ist. Die Erörterung der Frage möge daher hier folgen.

Man nennt die centralen Zellen im Gehirn und Rückenmarke multipolar, weil sie viele Fortsätze haben, die peripheren Zellen unipolar, weil sie nur einen Fortsatz besitzen, übersieht aber dabei vollkommen, dass die vielen Fortsätze der polyklonen Zellen unter einander gar nicht gleichwertig sind. Denn offenbar sind der Nervenfortsatz und die Protoplasmafortsätze vollkommen verschiedene Bildungen nicht bloss in mikroskopischer Beziehung, sondern auch in Hinsicht auf ihre chemische und molekulare Beschaffenheit. Jener, der Nervenfortsatz, ist ein Produkt der Zelle, nicht aber die Zelle selbst, ein Produkt, das mit seiner Matrix in dauerndem anatomischem und physiologischem Zusammenhange bleibt, diese dagegen, die Dendriten, sind direkte Kontinuationen des Zellleibes als solchen, sind unveränderte Zellsubstanz.

Will man also die Polarität der Ganglienzellen diskutieren, d. h. will man Unterschiede aufstellen, die sich auf die Anzahl der abgehenden Fortsätze stützen, so hat man zunächst festzustellen, welche Fortsätze der Zelle dabei als maassgebend zu betrachten sind. Offenbar, das ist wenigstens meine Meinung, können hierfür nur die Axencylinder- bez. Nervenfortsätze in Betracht kommen. Wieviel Nerven direkt von einer Ganglienzelle entspringen, hat man sich zu fragen, will man multipolare, unipolare oder bipolare Zellen unterscheiden.

Bei Beschreibung der Rückenmarkzellen geschah der Deitersschen Darstellung Erwähnung, derzufolge von den Protoplasma-

fortsätzen direkt feine Axencylinder entspringen sollen. Diese Angabe einmal als richtig vorausgesetzt: dann wären die multipolaren Ganglienzellen in den Vorderhörnern des Rückenmarks wirkliche multipolare Ganglienzellen, denn es entspringen von ihnen viele Axencylinder. Wo das aber nicht der Fall ist, wo, wie z. B. bei den Purkinje'schen Zellen, direkt von den Protoplasmafortsätzen keine Axencylinder abgehen, da kann man auch, ist die bisherige Betrachtung richtig, nicht von multipolaren Zellen reden.

Man kann allerdings hier einwenden, dass die Protoplasmafortsätze genau so nervös seien wie die Nervenfortsätze, wie die ganze Zelle selber, dass daher eine Unterscheidung der Fortsätze nicht richtig sei. Der erste Teil des Einwandes ist zutreffend, der zweite nicht, der ganze Einwand aber tangiert nicht den Gedankengang, der hier innegehalten wurde. Eine Unterscheidung der Fortsätze ist durch das morphologische Verhalten derselben gerechtfertigt; die Zelle und die sogenannten Protoplasmafortsätze sind nervös, aber eben morphologisch von den Axencylindern verschieden. Und diese morphologische Verschiedenheit bildet den springenden Punkt in der ganzen Diskussion.

Wir können also, so meine ich, nur dann von multipolaren Zellen sprechen, wenn viele Axencylinder direkt von jeder einzelnen Zelle entspringen, wir müssen von unipolaren Zellen reden, wenn nur ein Axencylinder direkt abgeht. Die Protoplasmafortsätze, welcher Name, wie Waldeyer hervorgehoben hat, viel richtiger ist als der neuerdings üblich gewordene Dendriten, sind eben keine Axencylinder, sondern einfache Verästelungen des Zellleibes. Ja streng genommen können sie kaum als Fortsätze betrachtet werden. Es fällt keinem Histologen ein, die sternförmigen Pigmentzellen, wie sie sich in der Chorioidea des Menschen oder im Peritoneum der Amphibien vorfinden, als Zellen mit Fortsätzen zu bezeichnen, es handelt sich eben einfach um Zellen, deren plasmatischer Leib sternförmig gestaltet ist, wobei die einzelnen Strahlen sich verzweigen können, aber keine Fortsätze aussenden. Und genau so, auch nicht im geringsten anders verhalten sich die centralen Ganglienzellen; auch hier handelt es sich nur um einen sternförmigen Leib, dessen Strahlen sich ramifizieren. Nur der Unterschied besteht, dass ein oder mehrere Nervenfortsätze, die wirkliche, d. h. morphologisch charakterisierte Nerven sind, von der Zelle abgehen und diese bedingen die Polarität.

Nun soll es Ganglienzellen geben, von denen direkt kein Nerv entspringt, — hierüber werden wir bei Besprechung des Nerven-

systems zu handeln haben, — diese wären also nach der so begründeten Terminologie apolare Zellen. Ich stehe auch nicht einen Augenblick an, dieselben so zu bezeichnen, denn eine Verwechselung mit den apolaren Zellen der alten Histologen ist gänzlich ausgeschlossen. Die letzteren sollten solche Zellen sein, die weder direkt noch indirekt mit Nervenfasern in Verbindung treten; die apolaren Zellen, wie ich sie verstehe, treten dagegen indirekt mit Nervenfasern in Beziehung, d. h. aus den Ramifikationen ihrer Protoplasmastrahlungen entwickeln sich in bestimmter Form Axencylinder.

Wollte man die in den vorstehenden Auseinandersetzungen gegebene Definition der Polarität der Ganglienzellen festhalten, so würde wenigstens in dieser Frage der Neurohistologie leicht eine Verständigung zwischen den sich gegenüberstehenden Meinungen herbeigeführt werden.

Die Definition der Polarität ist übrigens auch dazu geeignet, die bipolaren Zellen richtig zu werten. Von den oppositipolen Zellen (cfr. Figur 96) entspringen gar keine Fortsätze weder direkt noch indirekt, sie sind daher auch nur als protoplasmatische und kernhaltige Interpolationen der Nervenfasern zu deuten. Die geminipolen Zellen mit Spiralfaser (cfr. Figur 95), wenn letztere wirklich nervöser Natur ist, sind bipolare Zellen, da von ihnen zwei Nervenfasern ihren Ursprung nehmen.

§ 64. Die ganze bisherige Deduktion wird sehr wesentlich gestützt, erwägt man die Verhältnisse, welche man beim Nervengewebe der Wirbellosen antrifft. Sogenannte multipolare Zellen, wie im Rückenmarke z. B., sind gar nicht oder ausserordentlich selten vorhanden, wir finden bei Wirbellosen vielmehr unverästigte, also nicht sternförmige Zellen, solche Gebilde, wie wir sie bei den Wirbeltieren in den Spinalganglien treffen, es handelt sich also meistens um unipolare Zellen in dem Sinne, wie er hier gegeben wurde. Es würde zu weit führen, auf das Gebiet der vergleichenden Histologie näher einzugehen, der kurze aphoristische Hinweis möge für den vorliegenden Zweck genügen.

Anhang zu den Geweben.

Blut und Lymphe.

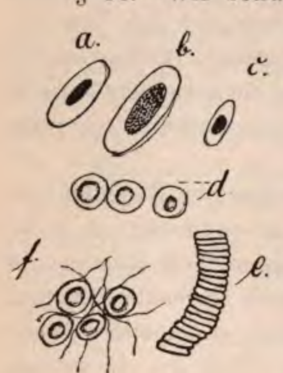
§ 65. Das Blut wird für gewöhnlich als das Gewebe mit flüssiger Intercellularsubstanz definiert. Diese Definition ist eine höchst unglückliche, denn im Wortbegriffe des Gewebes liegt der

Begriff des festen, ein flüssiges Gewebe ist also eine Contradictio in adjecto. Wir betrachten das Blut als die Flüssigkeit, welche in besonders differenzierten Kanälen im Körper fortbewegt wird und die Ernährung der einzelnen Organe sowie den Gasaustausch bei der Athmung bewirkt.

Bei den Wirbellosen ist das Blut meist farblos, da, wo wir gefärbtes Blut — rot, grün, blau — antreffen (bei Würmern, Mollusken) ist die Färbung abhängig von dem sogenannten Blutplasma, während die Blutkörperchen farblos sind. Das farblose Blut der Evertebraten gleicht der Lymphe der Vertebraten; bei diesen ist das Blut stets gefärbt, und zwar hängt hier die Färbung von den Blutkörperchen ab, während das sogenannte Blutplasma stets farblos ist.

Die Blutflüssigkeit enthält nämlich geformte Bestandteile, die in und mit ihr kreisen, und diese sind von ausserordentlicher physiologischer Bedeutung. Dieselben werden Blutkörperchen genannt und wir unterscheiden gefärbte oder rote Blutkörperchen — ihre Anwesenheit bedingt die rote Farbe des Blutes aller Vertebraten — und weisse oder farblose Blutkörperchen. Daneben kommen noch als dritter Bestandteil die sogenannten Blutplättchen vor.

§ 66. Wir betrachten zunächst die roten Blutkörperchen, welche auch Erythrocyten genannt werden. Bei den Ichthyopsiden (Fische und Amphibien) und den Sauropsiden (Reptilien und Vögel) sind dieselben kernhaltige Gebilde, also wahre Zellen, während sie bei den Säugetieren kernlos sind, demnach nur als Zellabkömmlinge oder Zellreste betrachtet werden können. Bei der letzteren Tierklasse sind die roten Blutkörperchen nur im lymphoiden Marke und während des embryonalen Lebens kernhaltig.



Figur 97.
Rote Blutkörperchen verschiedener Tiere.
a = vom Frosch; b = von Triton; c = vom Huhn; d = vom Menschen; e = geldrollenförmige Anordnung der letzteren; f = beginnende Fibrinbildung.

Die grössten roten Blutkörperchen besitzen die Amphibien und unter ihnen die Urodelen, während die der Säugetiere die kleinsten sind. Die kernhaltigen Erythrocyten erscheinen, von der Fläche betrachtet, oval; im Centrum liegt der ebenfalls ovale Kern, welcher bei urodelen Amphibien zuweilen eine Zusammensetzung aus einzelnen Granulis erkennen lässt. Ob diese Granula identisch sind mit den Altmann'schen Granulis, das weiss ich nicht zu sagen, jedenfalls

werden sie auch ohne die Altmann'sche Methodik sichtbar. Der Kern, welcher wie alle Kerne eine grosse Affinität zu basischen Anilinen besitzt, ist, wie die Betrachtung dieser Gebilde von der Seite lehrt, prominent und bedingt ein spindelförmiges Aussehen der Körperchen.

Die kernlosen Blutkörperchen der Säuger sind im allgemeinen platt, sie haben bei Lama und Kameel eine elliptische, sonst eine kreisrunde Gestalt. Bei Betrachtung von der Fläche sieht man das Centrum heller und glänzender als den Rand erscheinen und erkennt, dass es sich hier um eine napfförmige Vertiefung, Delle, im Blutkörperchen handelt. In Folge dieser Eigenthümlichkeit gewähren die Erythrocyten bei Betrachtung von der Seite den Anblick einer bikonkaven Scheibe, (die Konkavität wird durch die auf beiden Flächen vorhandene Delle bewirkt) und erscheinen bisquitförmig. In manchen pathologischen Zuständen trifft man beim Menschen verschiedenartig geformte Blutkörperchen, die man deswegen mit dem recht wenig passenden Namen Poikilocyten belegt hat.

Die roten Blutkörperchen des Menschen haben einen Breitendurchmesser von etwa 7—7,5 μ (1 μ = 0,001 mm), ihre Zahl beträgt in .einem Kubikmillimeter etwa 5000000 und sie verhalten sich zu den farblosen wie 350—500:1, übertreffen die letzteren also ganz bedeutend an Menge. In dünnen Schichten erscheint das Blut, sowie bei mikroskopischer Betrachtung das einzelne Blutkörperchen von grünlich gelber Farbe. Die Erythrocyten nehmen sehr begierig saure Aniline auf, durch welche der natürliche Farbstoff aus dem Körperchen ausgetrieben wird.

Die kernlosen roten Blutkörperchen zeigen die Eigentümlichkeit der sogenannten geldrollenartigen Anordnung; d. h. es bilden sich in dem aus dem Blutgefässe entnommenen Blute längere oder kürzere Reihen von Blutkörperchen, die dadurch zu Stande kommen, dass die einzelnen mit ihrer breiten Seite sich an einander legen. Bei den kernhaltigen Erythrocyten kann in Folge der Prominenz der Kerne eine solche Reihenanordnung nicht zu Stande kommen.

Die roten Blutkörperchen sind ungemein vulnerabel; an der Luft, in reiner Salzsäure, in Kochsalzlösung von 1 % und darüber schrumpfen sie, ihre Oberfläche erscheint wie mit zahlreichen Stacheln besetzt, man sagt dann, sie haben Stechapfelform angenommen. In Wasser quellen sie bis zur Unkenntlichkeit auf.

Ein Membran im Sinne einer Zellmembran existiert nicht, doch sind die Konturen aller Erythrocyten scharfe, weil das Körperchen ein ziemlich dichtes Stroma besitzt, welches nach Auslaugung des

Farbstoffes zurückbleibt. In diesem Stroma erkennt man nur bei den kernhaltigen Erythrocyten Reste von Protoplasma.

§ 67. Sehr wichtig in physiologischem Betracht ist der Farbstoff der roten Blutkörperchen. Derselbe, das sogenannte Haemoglobin, krystallisiert und die Haemoglobinkrystalle haben bei verschiedenen Tieren eine verschiedene Gestalt. Beim Menschen und den meisten Säugern sind dieselben Prismen von meist hellroter Farbe, die sich im Lichte bei Behandlung des Blutes mit Mitteln bilden, welche den Farbstoff extrahieren (Chloroform) oder nach Einwirkung des elektrischen Stromes oder nach Gefrieren und Wiederauftauen.

Die wichtigsten Krystalle, weil sie forensisch von ausschlaggebender Bedeutung sind, sind die Teichmann'schen Krystalle, wie sie nach ihrem Entdecker heissen, oder Haeminkrystalle, welche salzsaures Haematin sind. Von brauner Farbe erscheinen sie als rhombische Tafeln oder Säulen mit scharfen Ecken, die sich zuweilen wie ein Andreaskreuz zu zweien über einander legen. Man kann dieselben aus eingetrocknetem, Jahre altem und mit Wasser behandeltem Blute herstellen. Bei der Bedeutung derselben möge hier die Methode zu ihrer Gewinnung folgen. Man nimmt z. B. einen mit Blut getränkten Lappen auf einen Objektträger, verreibt ihn mit Eisessig und etwas Kochsalz, bis die Flüssigkeit bräunlich wird, erhitzt bis zum Aufkochen über einer Spiritusflamme und nimmt den Lappen weg. Beim Erkalten und durch die Verdunstung schiessen die Krystalle an, die man mit starken Linsen untersucht.

Eine dritte Krystallform sind die Haematoidinkrystalle. Sie bilden sich durch eine Modifikation des Blutfarbstoffes in alten Blutgerinseln, sind rhombische Tafeln oder Säulen von rubinroter oder orangeroter Farbe und mit den Bilirubinkrystallen der Galle identisch.

§ 68. Wir kommen zur Besprechung der farblosen Blutkörperchen, der sogenannten Leukocyten. An Zahl werden dieselben in dem früher angegebenen Verhältnisse von den roten übertroffen, es finden sich etwa 10—15 000 Leukocyten in einem Kubikmillimeter Blut. Von kugeliger Gestalt und 9—11 μ im Durchmesser beim Menschen haltend sind sie teils grobkörnig und glänzend, teils, und dies ist bei der Mehrheit der Fall, feinkörnig und den Lymphkörperchen ähnlich, wenn auch nicht



Figur 98.
Farblose Blutkörperchen vom Menschen.

in völliger Übereinstimmung mit ihnen. Man kann im allgemeinen vier Hauptformen der Leukocyten je nach der Beschaffenheit des Kernes unterscheiden, die sich alle darin gleichen, dass ihr Zellleib eine zarte Granulierung erkennen lässt. Die Hauptformen derselben sind die sogenannten multinucleären Leukocyten. Als charakteristisch für dieselben wird angegeben, dass drei kleine, kleeblattartig gestellte Kerne in ihnen vorhanden sind. Doch kann man sich an geeignet gefärbten Blutpräparaten bei Anwendung sehr starker Vergrösserungen auf das deutlichste davon überzeugen, dass eine völlige Trennung der Kerne nicht vorhanden ist, sondern dass die scheinbaren Teile durch mehr oder weniger starke Brücken mit einander verbunden sind. Es ist also in Wahrheit nur ein Kern vorhanden, der aber die sonderbarsten Formen zeigt und in der Mitte stets hohl ist, da man hier das Zellplasma sehen kann. Der Kern dieser Form färbt sich in Hämatoxylin intensiv blau.

Als Vorstufe der eben geschilderten Leukocytenform ist eine andere zu betrachten, bei welcher ein einziger grosser, feingranulierter Kern sich findet, der sich deutlich von dem reichlich vorhandenen Plasma abhebt. Der Kern ist oval, manchmal zwerchsackähnlich gebogen, bisweilen, wie dies in Figur 98 wiedergegeben ist, erkennt man an ihm in der That eine kleeblattähnliche Gestalt, da er sich in drei Teile auseinanderzuziehen scheint. Es dürfte diese Form in Wahrheit ein Übergang zu der ersten Kernform sein, von der sie sich übrigens auch dadurch unterscheidet, dass sie in Hämatoxylin nur blassblau wird. Eine dritte Leukocytenform ist dadurch gekennzeichnet, dass der Plasmaleib nur einen schmalen Hof um den einfachen, dem Kerne der vorigen Form gleichenden Kern bildet. Die vierte Form endlich ist ebenfalls einkernig, der Kern ist gross, erscheint aber bläschenförmig. Die zweite und dritte Form sind sogenannte Lymphocyten, die vierte uninucleäre Leukocyten oder Markzellen.

Der Plasmaleib der Leukocyten, welcher Sammelname für alle vier Formen sehr berechtigt ist, hat die Eigenheit, grössere Granula oder Körnchen einzuschliessen, welche zu den verschiedenen Anilinfarben eine verschiedene Affinität haben. Man trifft nach Ehrlich sogenannte basophile Zellen, d. h. Zellen, deren Granula sich intensiv in basischen Anilinfarben tingieren; ferner acidophile oder eosinophile Zellen, hier färben sich die Granula in sauren Anilinen, und endlich neutrophile Zellen, deren Granula in neutralen Anilinen sich färben. Die Granula sollen für die Pathologie des Blutes eine grosse Bedeutung haben.

Allen farblosen Blutkörperchen eigentümlich ist die Möglichkeit aktiver Ortsveränderung. Durch amöboide Bewegungen sind dieselben, welche viel langsamer in dem Blutstrome fortschwimmen, als die Erythrocyten, im Stande aus den Gefässen (den Capillaren, s. später) auszuwandern. In Folge dieser Diapedese, wie man die Auswanderung benannt hat, gelangen die Leukocyten in die Gewebe des Körpers und spielen hier bei der Eiterbildung eine hervorragende Rolle.

§ 69. Der dritte geformte Bestandteil des Blutes sind die sogenannten Blutplättchen. Dieselben sind von runder Gestalt, haben einen Durchmesser von etwa 2—3 μ und kommen bis zu 200000 in einem Kubikmillimeter Blut vor. Die frühere Auffassung, dass es sich bei diesen Körperchen um einen normalen Blutbestandteil handele, hat man jetzt ziemlich allgemein aufgegeben, sie werden vielmehr als Zerfallprodukte der Erythrocyten angesehen.

§ 70. Das aus der Ader gelassene Blut gerinnt und es bildet sich dabei der Blutkuchen, der durch Zusammenziehung das Blutplasma, also die Flüssigkeit, in welcher die geformten Elemente suspendiert sind, auspresst. Die Ursache der Gerinnung ist das sogenannte Fibrin, über dessen Bildungsweise die Lehrbücher der Physiologie die nötige Auskunft geben. Entfernt man das sich bildende Fibrin, was dadurch geschehen kann, dass man das frisch entleerte Blut mit einem Stäbchen schlägt, so bleibt die Gerinnung aus. Das Fibrin besteht aus anfänglich feinen, dann dicker werdenden Fasern, welche unter einander verflochten sind und Erythrocyten wie Leukocyten einschliessen. Allmählig, je länger das Blut steht, zieht sich das Fibrin zusammen und treibt dadurch die geformten Körperchen grösstenteils aus seinen Maschen aus.

§ 71. Es mögen hier sich noch einige Bemerkungen über die Entstehung der roten Blutkörperchen anschliessen.

Die erste embryonale Anlage findet sich peripher vom Keimschild in der Gegend des Randwulstes und zwar im Mesoderm (beim Hühnchen). Hier sind solide Zellstränge vorhanden, die nach dem eigentlichen Embryo hinwachsen. Aus ihnen werden die endothelialen Gefässanlagen und das Blut, indem das letztere aus den central gelegenen Teilen der Stränge durch Ausbildung einer flüssigen Zwischensubstanz entsteht. Von da ab vermehren sich die Blutzellen, welche frühzeitig durch Bildung des Hämoglobins eine rote Farbe angenommen haben, intravasculär, und zwar auf mitotischem Wege. Allmählig schwinden bei Säugern die kernhaltigen Erythrocyten, beim Menschen etwa in der fünften Woche, und nun-

mehr lässt auch die intravasculäre Neubildung nach, die Vermehrung ist jetzt nur noch extravasculär, d. h. es entstehen neue Erythrocyten, welche die Stelle der zerfallenen (Blutplättchen) zu ersetzen bestimmt sind, in besonderen Organen, welche mit dem Kanalsystem, in dem das Blut kreist, in Beziehung stehen, innerhalb des Kanalsystems aber findet eine Vermehrung nicht mehr statt. Das einmal gebildete rote Blutkörperchen persistiert entweder oder geht zu Grunde, die Fortpflanzungsfähigkeit desselben aber hat aufgehört. Solche extravasculäre Heerde, die als Bildungsstätten der Erythrocyten fungieren, sind im ausgebildeten Organismus vorzüglich die Medulla ossium und die Milz. Ferner kommen für die Leukocyten in Betracht die Lymphknoten, der Thymus, das Mesenterium von Magen und Darm. Die Erythrocyten entstehen in farblosen, lymphoiden Zellen zunächst als kernhaltige Körperchen; als solche persistieren sie bei allen Vertebraten mit Ausnahme der Säuger, bei welch' letzteren in bisher noch nicht sicher gestellter Weise der Kern verloren geht. An den vorhin erwähnten Stellen finden sich im lymphadenoiden Gewebe bestimmte Zellanhäufungen, die sogenannten Follikel oder Keimlager, nach Flemming. In den Keimlagern sind besondere Stellen vorhanden, wo eine lebhafte Zellvermehrung auf mitotischem Wege stattfindet. Das sind die Keimcentren nach Flemming; hier entstehen die neuen Erythrocyten.

§ 72. Es erübrigt noch die Schilderung der Lymphe. Dieselbe unterscheidet sich vom Blute ganz augenfällig dadurch, dass ihr die roten Blutkörperchen mangeln; sie ist daher eine farblose Flüssigkeit. Die zelligen Elemente, welche in ihr suspendiert sind, sind die Lymphocyten, also diejenigen Zellen, welche bei Besprechung der verschiedenen Formen der farblosen Blutkörperchen an zweiter und dritter Stelle erwähnt wurden.

IV. Die Organsysteme.

Allgemeines.

§ 73. In den einleitenden Worten zu dem die Gewebe behandelnden Teile dieses Buches ist im Anschlusse an die Definition des Begriffes Gewebe zugleich auch eine solche des Begriffes Organ gegeben worden. Wir haben dort gesehen, dass ein Organ durch Zusammentritt von mindestens zwei Geweben zu einer physiologischen Einheit entsteht. Indessen ist damit der Begriff Organ nicht erschöpfend auseinandergesetzt.

Wo wir auch den Tierkörper untersuchen, überall finden wir, dass in einem jeden einzelnen Organe eine Summe verschiedenartigster Bildungen enthalten sind, welche zur Entstehung der Funktion unbedingt erforderlich sind. Keine Drüse, um das in § 12 gewählte Beispiel auch hier herbeizuziehen, besteht ausschliesslich aus Epithel- und Bindegewebe; damit das Epithel sezernieren kann, muss ihm Nahrung zugeführt werden, müssen ihm Reize übermittelt werden können. Zur Drüse gehören mindestens noch Blutgefässe und Nerven und erst durch deren Zutritt wird das Organ als solches konstituiert. Insofern allerdings war die früher gegebene Erklärung eine richtige, als der Charakter des Organes als einer Drüse nicht durch die Gefässe und Nerven, sondern lediglich durch das vom Bindegewebe zusammengefasste Epithel bestimmt wird. Wir sehen aus dieser kurzen Erörterung, dass ein Organ nur im abgeleiteten Sinne des Wortes eine morphologische Einheit ist, und ferner ergiebt sich daraus, dass zur Funktionsmöglichkeit eines Organes noch mehr als das blosse charakteristische Gewebe gehört, dass ein Zusammenwirken, ein gegenseitiges Sichbedingen verschiedener Gebilde erforderlich ist, die Richtigkeit des in § 12 aufgestellten Satzes, dass ein Organ eine physiologische Einheit darstellt.

Die verschiedenen Organe gruppieren sich zu Organsystemen, d. h. aus einer physiologischen Einheit erster Ordnung wird durch Zusammentreten mehrerer eine physiologische Einheit zweiter Ordnung, denn auch die Organsysteme — Verdauungssystem, Kreislaufssystem etc. —, sind wesentlich physiologische Einheiten.

In der Ausbildung der Organsysteme drückt sich die grösstmögliche Arbeitsteilung in den Funktionen des Organismus aus. Je komplizierter der letztere wird, je vielfacher sich seine Beziehungen zur Aussenwelt gestalten und je mannigfaltiger demgemäss die inneren Einrichtungen werden müssen, um so differenzierter müssen die Organe sein, um so einseitiger ihr Bau und ihre Verrichtungen. Während auf einer niedrigen Stufe der Komplikation, i. e. der Organisation, ein Organ in mehreren Richtungen funktionieren kann, wie die vergleichende Anatomie lehrt, kann auf den höheren Stufen, deren höchste wir bei den Säugern erreicht sehen, ein jedes Organ nur einen Teil der nötigen Verrichtungen ausführen und es ist daher notwendig, dass mehrere Organe gemeinsam wirken, soll die Funktion, welche zur Erhaltung des Individuum erforderlich ist, überhaupt möglich werden. So sind durch Differenzierung und Spezialisierung die Organsysteme entstanden.

§ 74. Ueberblicken wir die einzelnen Systeme, so können wir

— diese Unterscheidung hat, wenn ich nicht irre, zuerst Frey in seinem Buche festgehalten — zwei Gruppen unter denselben aufstellen, nämlich die Gruppe der vegetativen Systeme und die Gruppe der animalen Systeme. Die Thätigkeit jener erhält die innere Integrität des Individuum und bedingt seine Vermehrung, diese ermöglicht seine Beziehungen zur Aussenwelt; zu jener gehören das Kreislaufssystem, das Athmungssystem, das Verdauungssystem, das Harnsystem und das Geschlechtssystem, zu dieser das Bewegungssystem und das Nervensystem mit den Sinnesorganen.

α) Gruppe der vegetativen Systeme.

A. Kreislaufssystem.

§ 75. Das Kreislaufssystem besteht aus einem Centralorgane, den peripheren Kanälen, welche beide zusammen die Fortbewegung der Blutflüssigkeit bewirken, und besonderen Organen, deren Funktion die Blutbereitung ist. Das Centralorgan ist das Herz, die peripheren Kanäle sind die Gefässe, als blutbereitende Organe sind zu betrachten die Milz, die Lymphknoten oder Lymphdrüsen, die Tonsillen und der Thymus. Anhangsweise sollen dann hier noch die Thyreoidea oder Schilddrüse, die Hypophysis, die Steissdrüse, die Carotidendrüse und die Nebenniere behandelt werden, Organe von unbekannter Funktion, von welchen die ersteren einen zweifelhaften, die letztere gar keinen Zusammenhang mit dem Kreislaufssystem besitzen. Doch ist eine andere Unterbringung dieser Organe, welche mit den blutbereitenden auch als Drüsen ohne Ausführungsgänge bezeichnet werden, nicht gut möglich.

Das Herz.

§ 76. Die Muskulatur, welche das Herz der Wirbeltiere bildet, ist bereits bei den Geweben besprochen worden; es ist daher an dieser Stelle nur noch wenig hinzuzufügen. Die netzförmig verzweigten oder wenn man will, netzförmig verbundenen Muskelfasern bilden nicht besondere Bündel, sondern werden von einem Fett enthaltenden Bindegewebe eng zusammengefasst, nur die Musculi pectinati, papillares und die Trabeculae carneae bilden Muskelbündel. Hierdurch unterscheidet sich das Herz auf das schärfste von den Skeletmuskeln. Die Wandungen des Herzens zeigen eine ganz verschiedene Dicke; am mächtigsten sind die des linken Ventrikels, dünner die des rechten, während die der Atrien bei weitem am

schwächsten sind. Die Muskelfasern des Herzens können im allgemeinen in longitudinal und circulär verlaufende geteilt werden, wenn auch diese Unterscheidung überall nur mit Schwierigkeit durchführbar ist.

Im Herzen der Rinder, Schafe, Ziegen, Rehe, Pferde und Schweine kommen als Bestandteile der Muskeln die sogenannten Purkinje'schen Fäden vor; das sind gallertige, graue und platte Fäden, welche, unter dem noch zu erwähnenden Endocard gelegen, in die Musculi papillares sich einsenken und Vertiefungen der Innenfläche des Herzens überdachen.

Die Muskulatur wird durch Gefässe gespeist, deren Hauptstämme die beiden Kranzarterien des Herzens, Arteria coronaria dextra et sinistra, sind. Dieselben entspringen aus der aufsteigenden Aorta und erhalten, wie ich an einem lebenden menschlichen Embryo von vier Monaten nachgewiesen habe, ihr Blut in der Ventrikeldiastole. Die Capillaren — wegen der Ausdrücke Arterie, Capillare s. weiter unten — bilden ein der Längsrichtung der Fasern paralleles, gestrecktes Maschennetz. Eine Ausnahme macht insofern das Froschherz, als hier keine Capillaren vorhanden sind.

Lymphgefässe finden sich in den Muskeln des Herzens in nur spärlicher Menge, sehr reichlich dagegen im Herzbeutel und im Endocardium.

Die Nerven des Herzens verlaufen in Gemeinschaft mit den Blutgefässen, sie werden von markhaltigen und Remak'schen Fasern gebildet. Ausserdem kommen im Septum atriorum und Septum ventriculorum sympathische Ganglienzellen vor.

Die Innenfläche des Herzens wird von einer Haut überzogen, die man Endocardium nennt. Sie ist am dünnsten in den Ventrikeln, am stärksten im Atrium sinistrum und besteht aus mehreren Schichten. Die Grundschicht wird von wenig Bindegewebe mit reichlichen elastischen Fasern gebildet, dann folgt ein dichtes elastisches Fasernetz und zu innerst eine Endothellage.

Die Atrioventricularklappen haben auf ihrer dem Vorhofe zugewendeten Seite das dicke Vorhofsendocard, auf der zum Ventrikel sehenden das dünne Ventrikelendocard und zwischen beiden eine sehr starke Schicht fibrösen Gewebes, welche die beiden anderen Lagen an Dicke bedeutend übertrifft.

Die Semilunarklappen sind ähnlich gebaut, nur ist die Mittelschicht schwächer als bei jenen.

Das Herz liegt lose im Herzbeutel oder Pericardium, einem serösen Sacke, der aus lockerem Bindegewebe besteht und an seiner

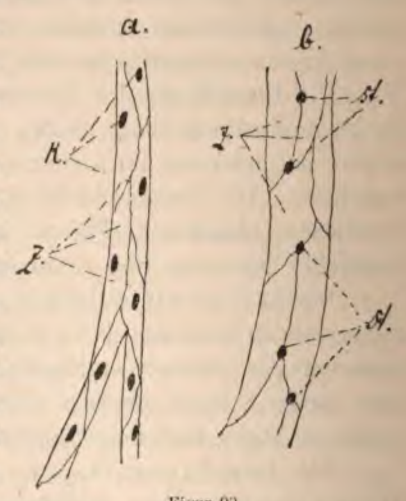
Innenfläche mit Endothel ausgekleidet ist. Zwischen Pericard und Herzmuskel findet sich ein geringes Quantum seröser Flüssigkeit.

Die Gefässe.

§ 77. Wir unterscheiden vier Arten von Gefässen im Körper: Arterien, Venen, Capillaren und Lymphgefässe; die ersteren drei sind Blutgefässe. Die Arterien kommen vom Herzen und führen das Blut in centrifugaler Richtung zu den Organen, die Capillaren liegen in den Organen zwischen jenen und den Venen, welch letztere das Blut in centripetaler Richtung von der Peripherie zum Herzen zurückleiten. Die Lymphgefässe führen die sogenannte Lymphe; dieselben gleichen, um das gleich hier abzumachen, in ihrem Bau den Venen.

Betrachten wir zunächst die Capillaren. Dieselben sind stets mikroskopisch kleine Gefässe, deren Lumen zwischen 7—17 μ (1 μ = 0,001 mm) schwankt; eine übermässige Füllung der Capillaren bedingt daher stets eine diffuse Rötung.

Bei Untersuchung der Capillaren in einer indifferenten Flüssigkeit erkennt man nur ein homogenes Häutchen, in welchem in regelmässigen Abständen längliche, von einem gering entwickelten plasmatischen Hofe umgebene Kerne gelegen sind, deren Längsdurchmesser der Längsaxe der Capillare parallel gerichtet ist. Nach Anwendung geeigneter Methoden, besonders des Silbersalpeters, entsteht eine zierliche aus feinen Linien gebildete Zeichnung, welche die Kittlinien darstellt. Man hat nunmehr die die Capillare zusammensetzenden Zellen durch Deutlichmachung ihrer Grenzen zur Anschauung gebracht. Die von den Kittlinien umschlossenen Räume sind polyedrisch (bei den grösseren) oder spindelförmig (bei den kleineren Capillaren), in jedem liegt einer der vorhin erwähnten Kerne. Andere zellige Elemente kommen in den Capillargefässen nicht vor, diese sind also einfache Endothelröhrchen. Das Silbersalz, das am besten diese Strukturverhältnisse zeigt, lässt auch noch erkennen, dass da, wo zwei Endothelzellen aneinanderstossen, sich feine Lücken oder wenigstens



Figur 93.
Capillaren, nach Behandlung mit Silberlösung.
a. vom Kaninchen.
b. vom Frosch.
k = Kerne; z = Zellgrenzen; st = Stomata.

weichere Stellen finden, durch welche hindurch die Leukocyten durchtreten können. Die kleineren Lücken nannte man Stigmata, die grösseren Stomata.

Bei den Arterien können wir kleine, mittlere und grosse unterscheiden. Eine jede Arterie besteht aus drei Schichten, einer inneren oder Tunica intima, einer mittleren oder Tunica media sive muscularis und aus einer äusseren oder Tunica externa sive adventitia.

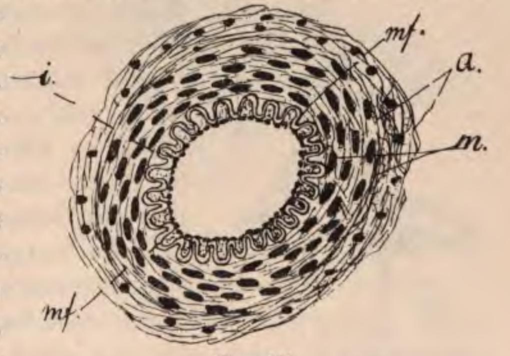
Die Tunica intima ist eine direkte Fortsetzung des einfachen endothelialen Capillarrohres und besitzt, wie dieses, längsgestellte ovale Kerne.

Die Adventitia ist eine bindegewebige Schicht, welche ohne scharfe Grenze in das Bindegewebe der Umgebung übergeht.

Die Muscularis oder Media besteht bei den kleineren Arterien aus einer einfachen Lage glatter Muskeln, die circulär um die Gefässe verlaufen, es kreuzen sich daher die longitudinalen Kerne der Intima mit den circulären senkrecht zur Gefässaxe orientierten der Muscularis. Die Muskelzellen liegen stets parallel aneinander.

Figur 100.
Kleine Arterie aus der Pia mater des Kaninchens. Die längsgestellten Kerne gehören der Intima, die quergestellten der Muscularis, die runden der Adventitia (cfr. Text).

Bei den mittleren und grösseren Arterien, deren Muscularis aus mehreren Lagen besteht, wird die Intima durch eine Bindegewebslage verdickt, welche sich zwischen sie und die Muscularis einschiebt: man nennt sie nach Eberth die intermediäre Lage. Die teils spindelförmigen, teils strahligen und untereinander zusammenhängenden Zellen dieser Lage, welche ihre flache Seite dem Gefässlumen zukehren, finden sich in mehrfacher Schicht. Die intermediäre Bindegewebslage, welche reichlich elastische Fasern besitzt, ist gegen die Muscularis durch eine breite, glänzende, scharf konturierte Membran abgegrenzt, welche wie eine Halskrause gefaltet ist, kleine Lücken oder Fenster enthält und deswegen Membrana fenestrata, wegen ihrer elastischen Beschaffenheit auch Elastica intimae genannt wird. Bei den grössten Arterien sind stets mehrere elastische Lamellen vorhanden.



Figur 101.
Mittlere Arterie aus der Thyereoidea des Menschen, im Querschnitt.
a = Adventitia; m = Muscularis; i = Intima; mf = Membrana fenestrata.

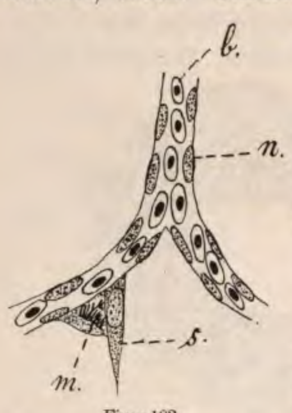
Die Fasern derselben dringen in die Muscularis ein, nehmen zugleich an Zahl sehr zu, sodass sie in der Aorta an Mächtigkeit die Muscularis übertreffen. Bei diesem Gefässe haben auch die Muskeln nicht mehr bloss einen circulären, sondern auch einen longitudinalen Verlauf. Zuweilen stellt sich dann noch zwischen Muscularis und Adventitia eine elastische Membran ein, die als Lamina elastica externa bezeichnet wird.

Die Venen gleichen in ihrem Bau im wesentlichen den Arterien, nur ist die Muscularis schwächer, die Gefässe sind daher dünnwandiger. Die Adventitia ist hingegen oft stärker entwickelt als bei den Arterien, auch sind die elastischen Fasern weniger reichlich vorhanden. Die kleinsten Venen haben keine Intima, wohl aber die mittleren und grossen.

Die Capillaren, die kleinsten Arterien und Venen haben keine Wandungsgefässe, hier ernährt die strömende Blutflüssigkeit direkt die Wandung ihres Gefässes. Die grossen Arterien und Venen besitzen dagegen Wandungsgefässe, die sogenannten Vasa vasorum, die in der Adventitia sich verzweigen, in die Muscularis eindringen und bis zur Lamina elastica intimae gelangen; die Intima selber ist stets gefässlos.

§ 78. Es mögen hier noch einige wenige Bemerkungen über die Bildung der Blutgefässe folgen. Man unterscheidet drei Arten derselben, die intracelluläre, die intercelluläre und die Sprossenbildung.

Intracellulär entsteht ein Gefäss, wenn besondere Zellen, die man als vasoformative Zellen oder Angioblasten bezeichnet, durch Verflüssigung ihres Leibes hohl werden und dann sich sekundär mit bereits vorhandenen Gefässen vereinigen.



Figur 102.
Capillarsprosse aus der Schwanzflosse der Froschlarve.
n = Kerne der Capillare; s = Spross; m = Mitose; b = Blutkörperchen.

Die intercelluläre Entstehung ist bereits bei der Besprechung der Blutbildung gestreift worden. Die soliden Zellstränge werden hohl, in dem sich die centralen Zellen zu Blutkörperchen umbilden und das Plasma entsteht; die Randzellen stellen dann das Gefäss dar.

Die Sprossenbildung, welche man vorzüglich in der Schwanzflosse der Froschlarven beobachten kann, geht so vor sich, dass an einer Capillarwandung offenbar durch Mitose einer Wandungszelle — dies deutet wenigstens Figur 102 bei *m* an

— eine spitzauslaufende protoplasmareiche Zelle, die Gefässsprosse entsteht. Dieselbe verlängert sich in einen feinen Zellsubstanzfaden, der auswächst und sich bogenförmig mit einem gleichen Faden einer von einem benachbarten Gefässe stammenden Sprosse vereint, so den sogenannten Gefässbogen herstellend. Dieser Bogen wird dann hohl, es bildet sich durch Teilung der Sprossenzelle die Wandung und damit ist das neue Gefäss (Capillare) fertig.



Figur 103.
Bildung eines capillaren Gefässbogens in der Schwanzflosse der Froschlarve
(Bezeichnung wie in Figur 102.)

Die Milz.

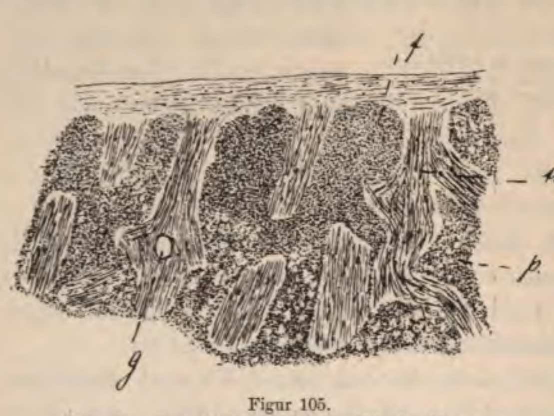
§ 79. Kaum ein anderes Organ des Tierkörpers bietet der Erforschung seines Baues so grosse Schwierigkeiten wie die Milz (Lien, Splen). Das durch das Mikroskop erkennbare Detail ist so verwickelt, dass die Darstellung desselben nicht leicht ist.

Die Milz aller Säugetiere ist von einer Kapsel überzogen, welche elastische Fasern und glatte Muskelfasern enthält. Auf einem Durchschnitte erkennen wir mit dem unbewaffneten Auge im sogenannten Parenchym der Milz, d. h. in dem das Organ charakterisierenden Gewebe, zwei Hauptbestandteile, die aber nicht streng von einander zu sondern sind, das sind die sogenannten Follikel und die Pulpa. Die Follikel, nach ihrem Entdecker Malpigh'sche Körperchen genannt, für welche aber die Bezeichnung Lymphknötchen der Milz besser geeignet und richtiger ist, sind beim Menschen bis stecknadelknopfgrosse kugelige Gebilde, die in der Milz verstreut liegen. Sie prominieren zuweilen über die Oberfläche des Schnittes, lassen sich aber nicht unverletzt aus dem Parenchym herausheben, weil sie keine bindegewebige Kapsel besitzen. Die Pulpa erscheint je nach dem Füllungszustande ihrer sehr zahlreichen Blutgefässe hell- oder dunkelrot und füllt die Räume zwischen den Knötchen aus. Dazu kommen noch als ein



Figur 104.
Querschnitt der Milz des Meerschweinchens.
f = sogenannte „Follikel"; p = Pulpa; g = Gefässe.

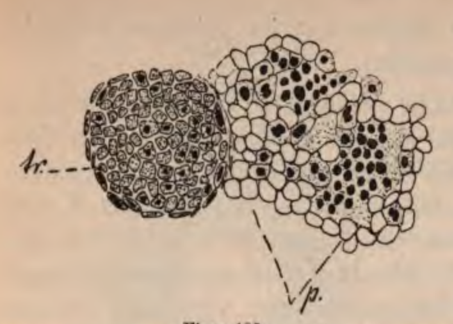
dritter Bestandteil bindegewebige Züge, welche von der Kapsel abstammend das ganze Milzparenchym durchsetzen; man nennt dieselben Trabekel. Je stärker letztere entwickelt sind, um so härter ist die Milz. Bei kleinen Säugetieren (z. B. den Nagern etc.) treten die Trabekel in ihrer Ausbildung sehr zurück, Lymphknötchen und Pulpa sind daher von einander gut zu unterscheiden. Bei den grossen Säugetieren dagegen (z. B. den Wiederkäuern, Pferden etc.) treten die Trabekel ausserordentlich stark hervor, sodass namentlich die Lymphknötchenbildung eine sehr undeutliche ist. Beim Menschen, dem Hunde und der Katze zeigt die Verteilung von Trabekel und Milzparenchym ein mittleres Verhältnis.



Figur 105.
Teil eines Querschnittes durch die Milz des Hundes.
f = sogenannte „Follikel"; *tr* = Trabekel; *p* = Pulpa, *g* = Gefässe.

Betrachten wir nun die Teile der Milz im Einzelnen und beginnen wir mit dem Lymphknötchen. Wir finden hier als Grundlage reticuläre Bindesubstanz, die prall mit lymphoiden Zellen, sogenannten Rundzellen, sich erfüllt zeigt. Das Reticulum, welches die Bindesubstanz darstellt, ist im Centrum der Knötchen weitmaschig, in den peripheren Schichten dagegen enger. Die Lymphknötchen sind keine eng abgegrenzten Bildungen, da sie nicht von einer besonderen Kapselmembran umgeben sind. Auf diesen letzteren Umstand ist es auch zurückzuführen, dass dieselben sich nicht unverletzt aus dem Milzparenchym herausheben lassen.

Die Pulpa, welche von der Oberfläche der Malpighi'schen Knötchen entsteht, zeigt sich als ein System von Strängen, den Pulpasträngen, die netzartig unter einander verbunden sind, zwischen den Lymphknötchen der Milz verlaufen und ein Kavernensystem zwischen sich lassen. Die Grundlage der Pulpastränge bildet ebenfalls reticuläre Bindesubstanz, welche sehr kleine Maschen hat, in denen eine oder höchstens zwei lymphoide Zellen gelegen sind. Allerdings trifft man, z. B. in der Hundemilz, Bilder an, welche mit dieser Schilderung nicht zu vereinbaren sind (cfr. Figur 106).



Figur 106.
Querschnitt durch die Milz des Hundes; sehr starke Vergrösserung.
p = Pulpa; tr = Trabekel.

Hier sieht man das zarte Balkennetz der reticulären Substanz durch grosse vielkernige, an Riesenzellen erinnernde Bildungen ausgeweitet. Ob dies wirklich Riesenzellen sind oder ob nur, in Folge der zur Herstellung der Präparate nötigen Vorbehandlung eine so dichte Verklebung der einzelnen Zellen mit gleichzeitiger Unterdrückung des Balkennetzes stattgefunden hat, dass jenes Bild entsteht, ist sehr schwer zu entscheiden. Auf Grund meiner Präparate neige ich mich zu der Meinung, dass wir in der That es hier mit Riesenzellen zu thun haben. Es wäre dies also die erste Form der in der Pulpa vorkommenden Zellarten.

Eine zweite Form sind die bereits erwähnten lymphoiden Zellen, die von hier aus in den Blutkreislauf gelangen. Wenn unter pathologischen Verhältnissen eine Vermehrung dieser Zellen im kreisenden Blute eintritt, dann bildet sich ein Zustand aus, den man als lienale Leukämie bezeichnet.

Haben die Riesenzellen auf eine Analogie des Milzparenchyms mit der Medulla ossium bereits hingewiesen, so wird diese Analogie vermehrt durch die dritte Zellform, welche durch grosse farblose Zellen von unregelmässiger oder runder Gestalt repräsentiert wird, die einen deutlichen in der Ein- oder Zweizahl vorhandenen Kern enthalten. Diese Pulpazellen sind den Knochenmarkzellen sehr ähnlich. In einzelnen dieser und der lymphoiden Zellen trifft man Fett in Form kleiner punktförmiger Tröpfchen an, ferner rote Blutkörperchen, die in diesen sogenannten blutkörperchenhaltigen Zellen zu Grunde gehen, und gelbliches oder braunes Pigment. Letzteres ist ein Umwandelungsprodukt der Erythrocyten. Im fötalen Leben und bei jugendlichen Individuen sind ferner noch kernhaltige rote Blutkörperchen vorhanden, die beim erwachsenen Individuum (Säugetier) unter physiologischen Verhältnissen nicht vorkommen.

Eine sonderbare Zellform ist endlich noch zu erwähnen, die nicht mehr zum Pulpagewebe zu rechnen ist, sondern sich in den venösen Räumen findet. Von der Fläche betrachtet sind die Zellen schmale, spindelförmige Gebilde, von der Seite erscheinen sie sichel-

förmig, der in der Mitte der konkaven Seite gelegene Kern ist prominent; es sind dies Endothelzellen.

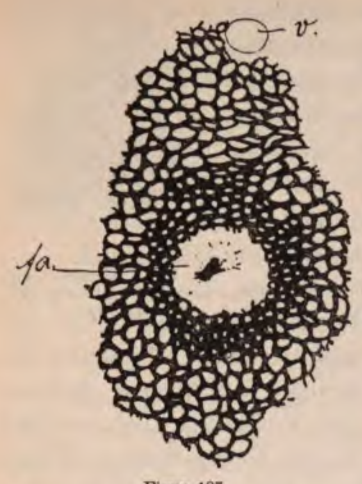
Was endlich die Trabekel anlangt, so ist über dieselben Folgendes auszusagen. Sie zeigen auf dem Längsschnitte ein streifiges Aussehen und besitzen zahlreiche Kerne von ovaler Gestalt, erinnern somit lebhaft an die Balken glatter Muskeln. Die Ähnlichkeit wird noch vermehrt, wenn man einen Querschnitt durch einen Trabekel betrachtet (cfr. Figur 106). Hier erscheint derselbe aus einer grösseren Zahl unregelmässiger Polygone zusammengesetzt, von denen einzelne einen runden, zuweilen auch einen ovalen Kern enthalten. Man trifft im Innern dieser Polygone feine Pünktchen, die in manchen Fällen sicher der Ausdruck quergeschnittener Fäserchen sind, in anderen aber als eine zarte Granulierung betrachtet werden müssen. Die Polygone liegen nicht eng aneinander, sondern zwischen ihnen sind mehr oder minder beträchtliche Zwischenräume vorhanden, in denen man elastische Fasern erkennen kann. Ich möchte darnach meinen, dass ein Trabekel aus einer grösseren Zahl unregelmässig geformter Säulen besteht, die zum Teil Bindegewebsfibrillenbündel, zum Teil glatte Muskelstränge sind und zwischen sich elastische Fasern haben (Figur 106, *tr*).

§ 80. Noch schwieriger als der Bau des Milzparenchyms ist die Verteilung der Blutgefässe zu erkennen.

Arterie und Vene sind am Hilus der Milz in gemeinsamer bindegewebiger Scheide gelegen und treten von hier aus in das Organ ein, bez. verlassen dasselbe hier. Bei Ruminantien ist die Arteria lienalis bei ihrem Eintritt unverzweigt, bei den übrigen Säugern dagegen schon im Hilus in mehrere Äste zerfallen.

Die Arterien zerfallen sehr schnell durch spitzwinkelige Teilung pinselförmig in feine Endzweige, welche Penicilli genannt werden. Diese gehen in die Lymphknötchen der Milz ein, verzweigen sich aber hier nicht. Die Adventitia der Follikelarterien verwandelt sich in eine reticuläre Bindesubstanz und bildet so das Stroma der Knötchen. Dadurch ist ein Verhältnis ganz eigener Art geschaffen, welches eben die Erkenntnis des Milzbaues so sehr erschwert.

Die Knötchen enthalten niemals Venen, das Capillarnetz ist bald nur gering, bald sehr beträchtlich entwickelt. In den äusseren Schichten des Milzknötchens besteht das Haargefässnetz aus schmalen Maschen, die durch breite Capillaren gebildet werden. Nach der Pulpa zu und in dieser selber ist das Gefässnetz weit maschiger, die Gefässe selber schmäler. Allmählich aber schwinden



Figur 107.
Capillarnetz aus der Milz des Kaninchens.
fa = Follikelarterie; v = Vene.

die Wandungen der Capillaren und wir haben nunmehr in der Pulpa ein Lakunensystem, das eigener Wandungen entbehrt. Der Kreislauf in der Milz ist also, wie hieraus hervorgeht, kein geschlossener, da die Capillaren nicht unmittelbar in die Venen überführen, sondern als arterielle Capillaren in Blutkavernen münden. In der Pulpa sammelt sich dann aus den Lakunen die Blutflüssigkeit, die hierbei die lymphoiden Zellen mit sich reisst, in sogenannten venösen Capillaren, welche dann in die Venen übergehen. Die Adventitia der letzteren erleidet ebenfalls eine Umwandlung in reticuläre Substanz und trägt zur Bildung des Stroma der Pulpa dadurch mit bei.

Lymphbahnen sind in der Kapsel und den Trabekeln vorhanden, ob auch im eigentlichen Parenchym ist noch zweifelhaft.

Die Lymphknoten.

§ 81. Die Lymphknoten wurden früher als Lymphdrüsen bezeichnet; indessen war dies nicht richtig, da dieselben nicht ein Sekret, wie eine Drüse, liefern, sondern nur ihre unveränderten Zellen dem Lymphstrome beimischen. Der Bau dieser Gebilde gleicht sehr dem der Milz, nur sind die einzelnen Partien des Parenchyms hier deutlicher ausgebildet, das Ganze daher leichter verständlich.

Die im allgemeinen bohnenförmigen Organe haben eine fest anhaftende, mit glatten Muskeln versehene Bindegewebskapsel, von der aus durchbrochene Fortsätze oder Septa in das Stroma des Knotens eindringen, die sich am Hilus in grösserer Masse, dem Hilusstroma von His, anhäufen. Auf einem Längsschnitte durch das Organ erkennt man schon mit blossem Auge eine deutliche Zweiteilung des Parenchyms in eine Rindensubstanz und eine Marksubstanz.

In der Rindensubstanz treten die Lymphfollikel oder richtiger Lymphknötchen als rundliche, graue Gebilde hervor. Dieselben, ohne besondere Kapsel, ganz wie die Milzknötchen, haben

reticuläres Gewebe als Stroma, in dessen Maschen sehr dicht gedrängt die Lympfdrüsenzellen liegen, rundliche Gebilde mit grossem Kerne und so schmalem Zellsubstanzringe um denselben herum, dass der letztere kaum wahrnehmbar ist. Die Lymphdrüsenzellen mit dem Reticulum wurden von Henle wegen ihrer dichten Anhäufung — dieselbe tritt in der beigegebenen Figur, welche zum Teil ausgepinselt ist, nicht hervor — als conglobiertes Gewebe, von Kölliker als cytogenes Gewebe, von His als lymphadenoides Gewebe bezeichnet. Das Reticulum, i. e. die reticuläre, das Stroma bildende Substanz besitzt an der Peripherie des Knötchens dichtere und schmalere Maschen als im Centrum. Von der bindegewebigen Kapsel dringen Septa in den ganzen Knoten ein, welche das Lymphknötchen umgeben, mit demselben aber nicht zusammenhängen. Vielmehr ist zwischen Septum und Knötchen stets ein schmaler Spalt vorhanden, welcher Lymphsinus oder Lymphspalt genannt wird. Derselbe wird von feinen Fasern durchsetzt, die vom Reticulum des Knötchens entspringend sich an die Septa und die Kapsel inserieren; es sind dies die Spannfasern von Frey. Die Septa, welche wie die Kapsel glatte Muskeln enthalten, deren Menge bei den verschiedenen Säugetierspecies eine verschiedene ist, sind durchbrochen, wodurch eine Kommunikation der benachbarten Lymphspalten hervorgerufen wird. Auch die Knötchen hängen unter einander zusammen und zwar durch verbindende Stränge des cytogenen Gewebes.



Fig. 108.
Aus einem Schnitte durch einen Lympfknoten des Hundes.

Die Vasa afferentia, die zuführenden Lymphgefässe, deren stets mehrere durch die Kapsel in ein Knötchen schräg eintreten, münden zunächst in den Lymphsinus. Der Lymphstrom erfährt hier durch die Spannfasern oder, wie sie auch heissen, Stützreticulum eine Verlangsamung und dadurch werden körperliche Elemente aus dem Lymphstrome aufgefangen. Dies ist wichtig für normale und pathologische Vorgänge; der beim Tätowieren z. B. eingeführte Farbstoff wird hier abgelagert, ebenso wie sich hier die sogenannten Metastasen bilden. Das Endothel der Vasa afferentia überzieht die Spannfasern des Lymphspaltes.

Die Marksubstanz gleicht der Rindensubstanz fast völlig. Sie besteht aus Strängen von cytogenem Gewebe, den Follikular- oder richtiger Marksträngen, welche netzartig unter einander verbunden sind. Dieselben entstehen direkt von den Lymphknötchen, ja man kann sagen, letztere sind nur kugelige Anhäufungen der

ersteren und diese Anhäufung bildet den einzigen Unterschied zwischen Rinden- und Marksubstanz. Die Markstränge, deren stets mehrere aus einem Knötchen hervorgehen, sind wie diese von Lymphspalten umgeben, welche mit den Lymphspalten der Knötchen zusammenhängen. Sie sind lakunäre Räume ohne endothelialen Belag, aus deren Zusammenfluss am Hilus das stets einfache Vas efferens entsteht.

Die Arterien, welche vom Hilus aus in das Organ gelangen, durchsetzen die Marksubstanz und bilden in der Rinde ein Capillarnetz mit weiten Maschen. Ähnlich liegen die Verhältnisse für die Venen.

In den Lymphknötchen waren seit langem hellere Stellen bekannt, von denen Flemming nachgewiesen hat, dass sie Sitz einer sehr lebhaften Zellvermehrung (durch Mitose) sind. Er nannte sie Keimcentren; sie sind vergängliche Erscheinungen, da sie sich neubilden und wieder zurückbilden können.

§ 82. Isolierte Lymphknötchen finden sich im Darmkanale, es sind die fälschlich so genannten Lymphfollikel im Dünn- und Dickdarm. Im letzteren kommen sie als solitäre Follikel, besser solitäre Knötchen, im ersteren namentlich als ovale, dem Mesenterialansatze gegenüberliegende Haufen, als sogenannte Peyer'sche Haufen, vor. Sie liegen in der Darmschleimhaut, die sie kuppenartig hervorwölben, die Zotten verdrängend und nur vom Epithel bedeckt, und reichen bis in die Subumcosa hinein, zuweilen sogar bis in die Muskelschicht der Darmwand. Sie gleichen in ihrem Baue vollkommen den Knötchen der massigen Lymphknoten und sind als Keimcentren im Sinne von Flemming zu betrachten. Das oben Gesagte findet auf diese Knötchen volle Anwendung.

Eine interessante, in ihrer physiologischen Bedeutung noch nicht erkannte Thatsache hat uns Stöhr bei den Lymphorganen gezeigt. Aus den Lymphknötchen des Darmes und aus der noch zu erwähnenden Tonsille nämlich wandern normalerweise die Lymphzellen, also die Leukocyten, aus dem cytogenen Gewebe aus und treten in das Darmlumen bez. die Mundhöhle ein. Man trifft solche aus den genannten Organen auswandernde Zellen von der Geburt an während des ganzen Lebens. Die Leukocyten drängen sich zwischen den Epithelzellen hindurch und — das ist das Merkwürdigste bei der Sache — gehen sogar durch die Zellen selber, werden also in diesen angetroffen; dabei vermehren sie sich durch Teilung auf ihrer Wanderschaft.

Die Mandeln, Tonsillae.

§ 83. Die Tonsillen fehlen bei der Ratte, der Maus, dem Meerschweinchen, sind aber bei den übrigen Säugern vorhanden. Es sind im allgemeinen massige lymphoide Organe der Mundhöhle von eigentümlicher Struktur. Man kann beim Menschen an ihnen ein System von grubenförmigen Vertiefungen der Oberfläche der Schleimhaut erkennen, die Gruben öffnen sich teils isoliert, teils zu mehreren vereint nach aussen; ihr epithelialer Belag ist eine Fortsetzung des Plattenepithels der Mundhöhle. Die Wandung der Gruben wird durch ein cytogenes Gewebe gebildet, indem sich Knötchenanhäufungen vorfinden, deren Bau wie der der umgebenden Substanz im wesentlichen dem der Lymphknoten gleicht. Die Wandungen sind von einer Kapsel umschlossen, welche ausserdem auch das ganze Grubensystem umgiebt. Neben den Mandeln, zum Teil noch in dem sie umschliessenden Bindegewebe liegen Schleimdrüsen.

Einen ähnlichen Bau zeigt Köllicker's Pharynxtonsille, während die Zungenbalgdrüsen einfacher sind als die Tonsillen, aber auch grubenförmige Vertiefungen darstellen. Die sogenannten Trachomdrüsen oder Lymphknötchen in der Augenbindehaut zeigen im allgemeinen gleiche Verhältnisse, doch finden sich keine Gruben vor und die lymphoide Struktur ist mehr flächenhaft ausgebreitet.

Der Thymus.

§ 84. Dieses Organ findet sich nur bei jugendlichen Individuen und verschwindet durch Resorption bis zum Beginn der Pubertät vollkommen. Nur selten ist es bei erwachsenen Individuen zu erkennen. Seine Funktion ist noch nicht klar gestellt, doch weiss man, dass starke Schwellungen desselben Atemnot, das sogenannte Asthma thymicum, hervorrufen können.

Paarig vorhanden, beim Menschen aus zwei Lappen bestehend, zeigt der Thymus auf dem Durchschnitte eine körnige Beschaffenheit. Dieselbe wird dadurch hervorgerufen, dass von der das Organ lose umhüllenden Bindegewebskapsel Septa in das Innere eindringen, die das Parenchym zerlegen und so eine lappige Zerklüftung desselben bedingen. Die einzelnen Läppchen oder Träubchen haben im allgemeinen den gleichen Bau, wie die Lymphknötchen, nur sind sie innen hohl. Das Stroma derselben ist ein Netzwerk von Zellen und deren Ausläufern, in dessen Maschen zahlreiche Lymphzellen dicht gedrängt liegen. Der Kern derselben ist im Verhältnis zur ganzen

Zelle gross oder, was dasselbe bedeutet, der Zellsubstanzsaum um den Kern ist so schmal, dass er nur sehr schwer zu erkennen ist. Ausserdem finden sich an Zellsubstanz sehr reiche grosse Zellen, welche zart granuliert sind und einen bläschenförmigen mit einem bis zwei Kernkörperchen versehenen Zellkern haben. Im Thymus eines jungen Hundes sah ich auch riesenzellenähnliche Gebilde. Im zart granulierten Zellleibe waren bei denselben mehrere grosse Kerne vorhanden, welche ein oder zwei Nucleolen enthielten und um welche herum, teilweise wenigstens, die Zellsubstanz fester zusammengefasst, d. h. dichter granuliert erscheint. Diese Riesenzellen sind nicht mit den sogenannten Schichtungs-Kugeln oder Perlkugeln zu verwechseln. Diese sind Gebilde, welche dadurch entstanden sind, dass um eine oder mehrere, oft fettig entartete Zellen konzentrisch sich Schichten ablagern, die aus kernhaltigen, platten Zellen bestehen; sie erinnern an ähnliche Körper in den Epithelialkrebsen. Die Blutgefässe sind im Centrum der Läppchen gelegen und zerfallen in ein zierliches Capillarnetz.



Figur 109.
Zellen des Thymus vom Hunde; Schnittpräparat.

Anhang zum Kreislaufsysteme.

Die Thyreoidea, Schilddrüse.

§ 85. Die Glandula thyreoidea, eine Drüse ohne Ausführungsgang, wird unter die Blutgefässdrüsen gestellt, obgleich sie mit dem Kreislaufssystem weiter nichts zu thun hat, als dass sie von Gefässen durchzogen wird. Weder bringt das Organ Erythrocyten noch Leukocyten hervor, auch scheidet es aus dem Kreislaufe keinerlei wichtige Bestandteile aus. Denn man kann das normale Organ durch geeignete Methoden experimentell zum Verschwinden bringen, ohne dass das betreffende Tier auch nur die geringste Störung in seinem Wohlbefinden erleidet.

Beim Menschen besteht die Schilddrüse aus zwei, jederseits der Medianlinie am unteren Teile des Halses dicht auf den Luftwegen gelegenen, ziemlich symmetrischen Lappen, die nahe an ihrem unteren Ende durch eine schmale Substanzbrücke, den Isthmus, mit einander zu einem etwa halbmondförmigen Organe vereint sind. Von einer

bindegewebigen Kapsel dringen Septa in das Organparenchym ein und zerlegen dasselbe so allmählig in kleinste Läppchen oder Bläschen. Diese sind von kugeliger Form, allseitig geschlossen und dadurch von den Bläschen der später beim Verdauungsapparate näher zu beschreibenden Drüsen unterschieden. Auf bindegewebiger Grundlage der Membrana propria, in welcher die Capillaren und Lymphgefässe verlaufen, sitzt ein kubisches Epithel in einfacher Schicht auf; die Grenzen der einzelnen Zellen sind in Schnitten, welche durch gehärtetes Material angefertigt wurden, nicht zu erkennen. Der Innenraum des Läppchens wird von einer Kolloidmasse ausgefüllt, welche je nach der Einwirkung der konservierenden Reagentien auf die einzelnen Läppchen dem Epithel dicht anliegt oder sich von demselben teilweise oder vollständig zurückgezogen hat. Im Alter wird das Kolloid bräunlich. Die Äste der Arteria thyreoidea bilden ein reichliches Capillarnetz um die Läppchen herum.



Figur 116.
Teil eines Schnittes durch die Thyreoidea des Hundes. e = Epithel; c = Colloidmasse; l = tangential getroffene Läppchen; b = Bindegewebe.

Die Hypophysis; die Steissdrüse; die Carotidendrüse.

§ 86. Die Hypophysis cerebri, der Hirnanhang, welche bei den niederen Vertebraten grösser ist als bei den höheren, ist aus zwei Läppchen zusammengesetzt, von welchen das hintere kleinere nervösen Bau besitzt. Das vordere grössere Läppchen enthält einen mit Plattenepithel ausgekleideten Kanal, der mit dem Infundibulum kommuniziert. Um den Kanal finden sich Drüsenläppchen, deren Zellen Kolloidmasse produzieren können.

Die von Luschka entdeckte Steissdrüse, Glandula coccygea, besteht aus Arterien, Capillaren und Venen, welche mit fein granulierten Zellen aussen bedeckt sind.

Ähnlich wie das vorige Gebilde ist die Carotidendrüse, auch Ganglion intercaroticum genannt, gebaut.

Die Nebenniere,

Glandula suprarenalis, Ren succenturiatum.

§ 87. Dieses Organ ist paarig vorhanden und liegt der eigentlichen Niere mützenförmig auf. Auf dem Durchschnitte erkennt man schon mit blossem Auge eine Zusammensetzung des Parenchyms aus Rindensubstanz und Marksubstanz, die sich durch eine Differenz in der Färbung kund giebt. Jene ist bräunlich, rötlich oder gelblich, diese, von weicherer Beschaffenheit, ist heller graurot oder gelb. Die innerste Partie der Rinde ist eine braune Schicht, die sogenannte Intermediärschicht von R. Virchow; sie findet sich hauptsächlich beim Menschen. Die Nebenniere ist von einer bindegewebigen, zahlreiche elastische Fasern enthaltenden Kapsel umgeben, von welcher zarte Fortsätze in das Parenchym ausstrahlen. Dadurch dass diese durch feine Fasern mit einander in Verbindung sind, entstehen in der Rindensubstanz Fächer, welche nach der Kapsel zu klein und kugelig erscheinen, man nennt diese Partie Zona glomerulosa, während sie mehr nach innen zu langgestreckt und in radiärer Richtung orientiert sind. Diese Partie heisst Zona fasciculata. Endlich an dem innersten Rande der Marksubstanz sind die Fächer wiederum klein und diese Partie wird Zona reticularis genannt. In den Fächern liegen zahlreiche rundliche oder gebogene Zellen von dicht und fein granuliertem Plasma, das sich, namentlich in Hämatoxylin, stark färbt. Die Kerne der Zellen sind bläschenförmig und enthalten ein deutliches, meist central gelegenes Kernkörperchen. Nach v. Brunn sind diese Zellen als Plasmazellen zu deuten. Die Zellen der Zona fasciculata enthalten häufig Fett, die der Virchow'schen Intermediärzone braunes, körniges Pigment.

In der Marksubstanz liegen die grossen Zellen von runder sternförmiger oder polyedrischer Gestalt, jede in einer Masche des Bindegewebsnetzes. Die Zellen sind zarter granuliert, als die der Rinde und nehmen Hämatoxylin weniger intensiv auf. Sie besitzen ebenfalls einen grossen mit einem Nucleolus versehenen Kern.

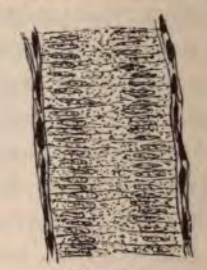
Die vorstehende Schilderung gilt für die Nebennieren des Menschen, bei anderen Säugetieren erscheinen die Verhältnisse hinsichtlich der Rindensubstanz anders, hinsichtlich der Marksubstanz sind sie mit den geschilderten in Übereinstimmung.

Beim Kaninchen ist eine Einteilung der Rinde in Zonen nicht durchführbar. Hier liegen, wie Figur 111 darthut, grosse und kleine Bindegewebsfächer neben einander ohne be-



Figur 111.
Teil eines Schnittes durch die Nebenniere des Kaninchens
k = Kapsel; r = Rinde; m = Mark.

stimmte Gruppierung. Beim Hunde, bei welchem die Septa sehr viel breiter sind als beim Menschen und beim Kaninchen, ist eine Fächerung innerhalb der zwischen zwei Septen gelegenen Rindenpartieen gar nicht oder nur undeutlich zu erkennen, gelegentlich aber treten auch wiederum Fächer auf, die jedoch nicht durch schmale Bindegewebsfasern, sondern durch derartige breite Stränge gebildet werden. Die Zellen in der Rinde erscheinen beim Hunde ganz anders wie bei Mensch und Kaninchen. Es sind schmale zart granulierte Gebilde, die in querer Richtung, von Septum zu Septum, orientiert sind und schmale, fast stäbchenförmige Kerne besitzen. Diese liegen meist in der Nähe der Septen, zuweilen aber auch mehr in der Mitte. Dabei ist noch folgendes hervorzuheben. Die Zellen liegen parallel zu einander und zwar gehen gewissermaassen von jedem der beiden Septen, welche eine Rindenpartie begrenzen, die Zellen nach dem Centrum der Partie hin, so dass zwei Reihen parallel übereinander geordneter Kerne entstehen (Figur 112) und das ganze Bild an die Sprossen zwischen zwei Leiterbäumen erinnert.


Figur 112.
Schnitt aus der Rinde der Nebenniere des Hundes; starke Vergrösserung.

B. Atmungssystem.

§ 88. Das Atmungssystem besteht aus den eigentlichen Atmungsorganen, d. h. den Organen, in welchen die von den Tieren aufgenommene Luft mit dem Blute in Verbindung tritt und so dessen Oxydation bewirkt, und aus den Luft zuführenden Wegen. Die ersteren sind die Lungen, die letzteren der Kehlkopf, die Luftröhre und deren Verzweigungen.

Wir betrachten zunächst die Luft zuführenden Wege.

Die Luftwege.

Der Kehlkopf besteht aus einer Anzahl Knorpel, welche durch Bandapparate aneinander befestigt sind und durch Muskeln gegen einander bewegt werden können. Die Einzelheiten hinsichtlich dieses

Baues lehrt die deskriptive Anatomie. Die Knorpel sind teils hyaline, teils elastische; hyalin sind der Schildknorpel, die Cartilago cricoidea und die Aryknorpel. In den letzteren aber bestehen die Spitze und die Processus vocales aus elastischem Knorpel. Ganz elastisch sind die Epiglottis, die Wrisberg'schen und Santorini'schen Knorpel, während die Corpuscula triticea bindegewebig sind.

Die einzelnen Kehlkopfknorpel, soweit sie an der Bildung des Larynx beteiligt sind, haben einen Schleimhautüberzug. Wir finden hier zum ersten Male die Bildung einer Schleimhaut und es dürfte daher angemessen sein, das, was man unter dieser Bezeichnung zu begreifen hat, näher zu definieren.

§ 89. Unter Schleimhaut, Membrana mucosa, versteht man die gefäss- und nervenreiche Auskleidung aller derjenigen Hohlräume im Körper, welche in direkter Kommunikation mit dem umgebenden Medium (Luft, Wasser) stehen, während diejenigen Häute, das sei hier gleich mit erledigt, welche die Körperhöhlen überziehen, bei denen eine Verbindung mit der Aussenwelt nicht existiert, die also geschlossen sind (Coelom, Schädelhöhle, Gelenke), seröse Häute genannt werden. Schleimhäute finden sich im Atmungssystem, im Verdauungs-, Harn- und Geschlechtssystem. Der Name kommt daher, dass auf der freien Fläche dieser Häute Schleim vorhanden ist, welcher von den häufig in der Mucosa gelegenen Drüsen sowohl wie von dem Epithel abgesondert wird. Eine jede Schleimhaut besteht aus einer Epithel- und einer Bindegewebsschicht. Die Epithelschicht wird durch Cylinder- oder Plattepithelien in ein- oder mehrfacher Lage gebildet. Zwischen derselben und der Bindegewebsschicht ist meist eine zarte, strukturlose Haut vorhanden, in welcher die Epithelzellen wurzeln; dies ist die intermediäre Haut von Henle oder die Basement membrane von Todd und Bowman. Die Bindegewebsschicht wird von sich verflechtenden Bindegewebsfibrillen hergestellt, die ziemlich locker liegen und von elastischen Fasern in bald grösserer, bald geringerer Menge durchsetzt werden. Zuweilen zeigt die Oberfläche der Schleimhaut Unebenheiten oder Hervorragungen, die man als Falten, Papillen oder Zotten bezeichnet. Auf die Mucosa folgt die Submucosa, eine Bindegewebslage von festerem Gefüge als jene, welche meistens die Drüsen der Schleimhaut beherbergt und von der Mucosa zuweilen durch eine Muskellage, die sogenannte Muscularis mucosae, getrennt ist. Die Submucosa heftet die Mucosa an ihre Unterlage an, so an die Knorpel in den Luftwegen, an das Muskelrohr in anderen Organen.

§ 90. Die Schleimhaut nun, welche die an der Bildung der

Larynxhöhle beteiligten Knorpel überzieht, ist an den Ligamenta thyreo-arytaenoidea inferiora (wahre Stimmbänder), an der Vorder- und Hinterfläche der Epiglottis, hier bis zum zweiten Viertel derselben (nach Verson), und den ary-epiglottischen Falten von einem geschichteten Pflasterepithel bekleidet, während an allen übrigen Stellen ein geschichtetes Flimmerepithel vorhanden ist, das Becherzellen enthält. Die Flimmern schlagen in der Richtung gegen den Pharynx.

In der Submucosa finden sich Schleimdrüsen, die in der Epiglottis vereinzelt, in den übrigen Partieen zu Gruppen vereint sind. Die wahren Stimmbänder enthalten keine Drüsen; die Drüsenschläuche, die man an der Wurzel derselben zuweilen findet, münden in den Ventriculus Morgagni oder, wie man nach Hyrtl sagen muss, Ventriculus Galeni. In der Epiglottis, und zwar besonders an ihrer Unterfläche, kommen ausserdem noch Geschmacksknospen vor. An der Eingangsfalte des Kehlkopfes liegen nach Verson Lymphknötchen, die man auch in geringer Zahl in den wesentlich elastischen wahren Stimmbändern an ihrer oberen Fläche antrifft (z. B. bei der Katze).



Figur 113.
Wahres Stimmband der Katze.
o = obere, u = untere Fläche; v = Ventriculus Morgagni (Galeni); e = Epithel; f = Lymphknötchen; d = Drüsen.

Blutgefässe, Lympfgefässe und Nerven sind in der Schleimhaut des gesamten Kehlkopfes in reicher Menge vorhanden.

§ 91. **Die Trachea und ihre Verzweigungen, die Bronchen.** Das Kanalsystem, welches in direkter Fortsetzung des Kehlkopfes liegt und zu den respirierenden Organen, den Lungen, hinführt, besteht aus einem Stammkanale, der Luftröhre oder Trachea, und dessen Verästelungen, den Bronchen. Bei allen Säugetieren hat dies Kanalsystem ein Knorpelgerüst, das aus einzelnen Ringen, in der Trachea des Menschen aus Halbringen, besteht, die durch weicheres Gewebe von einander getrennt sind.

Die Knorpel gehören in die Gruppe der hyalinen Knorpel, sind von der Knorpelhaut, dem Perichondrium, überzogen und das Vorhandensein dieser letzteren Bildung führt jene Anordnung in den Knorpelzellen herbei, die bereits früher, beim Knorpelgewebe, genau besprochen wurde. Auf das dort Gesagte sei hiermit verwiesen. Die Knorpel liegen in einem fibrösen Rohre eingebettet; die knorpelfreien Stellen enthalten in der Trachea des Menschen da, wo die Halbringe enden, glatte Muskelfasern.

Ausgekleidet ist das Lumen der Trachea von einem mehr-

schichtigen cylindrischen Epithel, dessen innerste Lage Flimmern besitzt; in demselben kommen Becherzellen vor. Das Epithel sitzt auf einer Grundmembran auf, die aber nicht überall deutlich hervortritt. Darauf folgt nach aussen die Mucosa, hier auch innere Faserschicht genannt, welche aus elastischen und gewöhnlichen bindegewebigen Fasern besteht. Auf die Mucosa folgt die Submucosa oder äussere Faserschicht, welche elastische Fasern in grosser Menge enthält. Sie hängt mit dem Perichondrium fest zusammen.

Figur 114.
Teil eines Schnittes durch die Trachea der Katze.
e = Epithel; d = Drüsen; a = Ausführungsgang.

Ein wichtiger Bestandteil des Trachealrohres sind die Schleimdrüsen, welche im Anschlusse an die Flemming'sche Terminologie als verästigt tubulöse Einzeldrüsen zu bezeichnen sind. Die Verästelungen des Schlauches liegen zwischen Perichondrium und innerer Faserschicht, die unverästelten Teile der einzelnen Schläuche, die sogenannten Ausführungsgänge, gehen durch die Mucosa und münden im Epithel. Die verästigten Tubuli haben eine zarte, kernhaltige Membrana propria und ein regelmässig kubisches Epithel, dessen Aussehen in den verschiedenen Sekretionsstadien ein wechselndes ist. In sekretgefülltem Zustande sind die Zellen hell in Folge des Schleimes, in sekretleerem zart granuliert und daher dunkel. Das Epithel der Ausführungsgänge ist cylindrisch.

Die grösseren Bronchen haben eine Wandung, die im Wesentlichen die gleichen Einzelheiten des Baues erkennen lässt, wie die Trachea. Zwischen Mucosa und der Schicht der Drüsenschlauchverästelungen schieben sich glatte Muskelfasern ein, welche circulär verlaufen, und eine dicke Lage bilden. Die Knorpel werden mit der Verkleinerung des Bronchendurchmessers, welche eine Folge der Verästelung ist, immer kleiner, wir treffen nur noch Knorpelplättchen statt Knorpelringe an, und schliesslich sind in den kleinsten

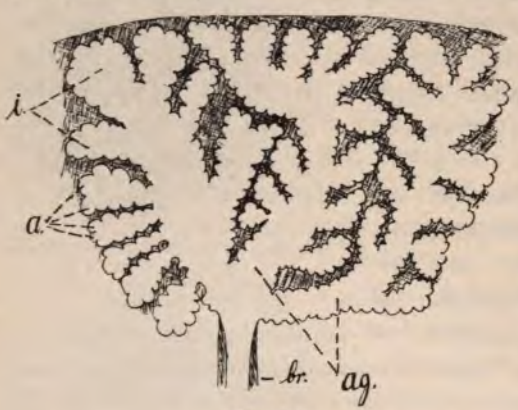


Figur 115.
Bronchiolus aus der Lunge des Meerschweinchens.
m = Muskelschicht; e = Epithel.

Verzweigungen, den Bronchiolen, weder Knorpel noch Drüsen vorhanden, während die Muskellage relativ mächtig ist. Das Epithel verliert seine Wimpern und wird zu einem einschichtigen Plattenepithel, das man nach Kölliker respiratorisches Epithel, sowie die betreffenden Bronchiolen respiratorische Bronchiolen nennt.

Die Lungen.

§ 92. In die Lungen, welche die respirierenden Organe sind, treten die Bronchen ein, die sich hier in ganz bestimmter Weise verzweigen. Nach Franz Eilhard Schulze, dessen Darstellung dieser Verhältnisse allgemein als richtig anerkannt ist, zerfallen die von der Trachea ausgehenden Stammbronchen durch spitzwinklige dichotomische Teilung allmählig in feine Äste, bis sie ein bestimmtes Kaliber, beim Menschen einen Durchmesser von etwa 4 Millimetern, erreicht haben. Von da ab verlaufen sie gerade, ohne dichotomische Verzweigung bis zur Lungenoberfläche und geben seitlich Äste ab, die gleichfalls gerade verlaufend sich unter einem Winkel von etwa 45° abzweigen. Diese Seitenäste stehen an ihren Stämmen in spiraliger Anordnung und teilen sich ihrerseits dichotomisch in einem rechten Winkel. Sie treten in das respiratorische Gewebe ein, sind rundliche Gänge, welche zwei- bis viermal sich spitzwinklig dichotomisch teilen und in trichterförmigen Erweiterungen, welche Infundibula heissen, blind enden. Auf den Infundibulis sitzen polyedrische Hohlgebilde auf, welche sich in sie öffnen; dies sind die Lungenalveolen. Dieselben sind so dicht auf den Gängen angeordnet, dass die Grenzen der letzteren hauptsächlich durch die Wandungen der Alveolen hergestellt werden; Schulze nannte deswegen die zu den Alveolen führenden Gruppen von Gängen Alveolengangsysteme.

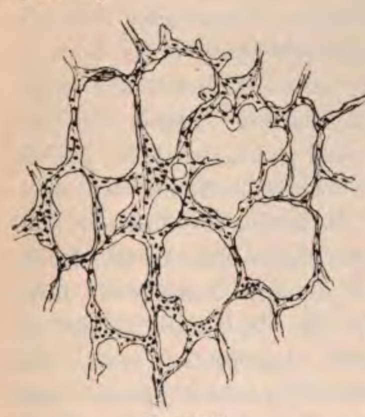


Figur 116.
Schema des Lungenbaues; nach Flemming.
br = Bronchen; *ag* = Alveolengänge; *i* = Infundibula; *a* = Alveolen.

Betrachten wir zum weiteren Verständnisse der allgemeinen Lungenstruktur die dem blossen Auge sich darbietenden Erscheinungen. Wir sehen die Oberfläche eines jeden Lungenlappens in deutliche

Polygone eingeteilt, deren Grenzen nur beim Menschen wegen der in denselben abgelagerten Kohlen- und Russpartikel schwärzlich sind. Diese Polygone sind die Lungenläppchen, die Lobuli; dieselben repräsentieren stets eine Summe von Alveolen und Alveolengangsystemen, sind aber insofern eine Einheit, als in jeden einzelnen Lobulus immer ein feiner Bronchus eintritt. Die Lobuli, im allgemeinen von pyramidenförmiger Gestalt, sind nur an der Oberfläche der Lungen regelmässig gruppiert, im Innern der Organe ist die Anordnung keine gleichmässige, die einzelnen Läppchen liegen so, wie es der Raum gestattet. Zwischen den Lobulis findet sich Bindegewebe, welches Lymphgefässe und Venen enthält und das, weil es in den Interstitien der Lobuli gelegen ist, interstitielles Bindegewebe heisst. Dasselbe dringt in das Innere der Lobuli nicht ein.

Versuchen wir nunmehr uns ein Bild von dem Bau der Lungen zu machen, so müssen wir sagen: Die Lungen zeigen den Bau zusammengesetzter alveolärer Drüsen — sie sind keine Drüsen im physiologischen Sinne des Wortes, denn sie sondern kein Sekret ab —; sie bestehen aus Schläuchen von bauchiger Form, den Alveolen, die zu Alveolengangsystemen gruppiert sind, welch letztere wiederum durch Vereinigung mehrerer Systeme zu einer Einheit eine lobäre Anordnung besitzen. Diese nach der Darstellung von Flemming gegebene Definition dürfte den Thatsachen besser angepasst sein, als die übliche, welche die Lunge mit einer sogenannten acinösen Drüse vergleicht, da das, was man unter Acinus gewöhnlich versteht, dem, was man darunter verstehen sollte, in keiner Weise entspricht (cfr. die spätere Auseinandersetzung über Drüsen beim Verdauungssysteme).



Figur 117.
Schnitt durch die Lunge des Meerschweinchens.

§ 93. Für die Funktion der Lunge ist die besondere Beschaffenheit ihres Parenchyms, sowie die Verteilung der Blutgefässe in letzterem von hervorragender Bedeutung.

Das Lungenparenchym besteht im wesentlichen aus elastischen Fasern, die zum Teil einzeln, zum Teil zu grösseren Gruppen vereint vorkommen und von verschiedener Dicke sind. Am stärksten sind dieselben in den interalveolären Septen, während sie am Grunde der Alveolen fein und wenig zahlreich sind. Die elastischen

Fasern liegen in einer hellen, strukturlosen Grundsubstanz, in welcher rundliche Kerne in wechselnder Zahl vorkommen. Die Innenfläche eines jeden Alveolus wird von einer sehr zarten, dünnen, bindegewebigen Haut ausgekleidet, die als Fortsetzung der Endbronchioli zu betrachten ist. Diese Haut, auf der man durch Silberlösung einen Epithelüberzug kenntlich machen kann, ist die eigentliche Wandung des Alveolus; die elastischen sich durchkreuzenden Faserzüge sind Stützen derselben. Bei der Zartheit dieser Haut ist dieselbe in den mikroskopischen Präparaten nur selten gut erhalten.

Es kommen ausserdem in den Lungen glatte Muskelfasern vor, abgesehen von denen, welche die Bronchiolen umgeben, die in den Septen zwischen den Alveolen vorhanden sind.

Die Blutgefässe, welche in den Lungen vorhanden sind, können als Vasa bronchialia und Vasa pulmonalia unterschieden werden.

Die Vasa bronchialia verlaufen in der Wand der Bronchen, als Vasa vasorum in der Wand der grösseren Lungengefässe und in den interstitiellen Septen; dieselben sind, wie aus dem Orte ihres Vorkommens erhellt, ernährende Gefässe.

Die respiratorischen Gefässe, d. h. diejenigen Blutgefässe, deren Funktion darin besteht, das Blut durch Zuführung zu den Alveolen mit der in denselben vorhandenen und bei jeder Inspiration in sie eintretenden Luft in Berührung zu bringen, um so dessen Oxydation herbeizuführen, sind die Vasa pulmonalia, die von der Arteria pulmonalis herstammen. Die Äste dieses letzteren Gefässes verlaufen in Gemeinschaft mit den Bronchen, verzweigen sich also auch mit denselben intralobulär, während die Venen und die Lymphgefässe im interstitiellen Gewebe, also interlobulär, liegen. Die letzten Verzweigungen der Lungenarterie liegen in dem elastischen Stützgerüst der Alveolen und schlagen sich um die Balken desselben herum, so gegen das Alveolenlumen schlingenförmig vorspringend. Die Gefässe der benachbarten Partieen kommunizieren in mehr oder minder ausgiebigem Maasse und stellen so vollständige oder unvollständige, die Alveolen umgebende Ringe dar. Von diesen Gefässen entspringen die Capillaren, welche die Wand der Alveolen gewissermaassen umspinnen, von dem Lumen derselben nur durch die bereits erwähnte überaus zarte und von einem sehr dünnen Epithel bedeckte Haut getrennt. So treten die Capillaren und damit das in ihnen enthaltene



Figur 118.
Gefässe aus der Lunge des Rindes.
(Es sind die Capillaren von nur zwei Alveolen gezeichnet.)

Blut in fast direkte Kommunikation mit der eingeatmeten atmosphärischen Luft, man nennt daher mit Recht diese Capillaren respiratorische Capillaren. Dieselben bilden ein engmaschiges regelmässiges Netz; die einzelnen sind von so geringem Lumen, dass ein Blutkörperchen gerade noch bequem in denselben sich bewegen kann. Aus den Capillaren entwickeln sich die Lungenvenen, in die hinein sich noch das aus den Bronchialgefässen stammende Blut entleert.

Die Lymphgefässe der Lungen werden als tiefe in Begleitung des Bronchialbaumes verlaufende, und als oberflächliche, dicht unter der Pleura pulmonalis netzförmig ausgebreitete, unterschieden; beide Gruppen stehen mit einander in Verbindung.

Die Nerven, zum Teil vom Sympathicus, zum Teil vom Vagus stammend, verbreiten sich in Gemeinschaft mit den Bronchen und den Arterienästen.

Die Lungen und die Innenfläche des Thorax sind von einer serösen Membran überzogen, der Pleura, deren parietales Blatt dem Brustkorbe, deren viscerales Blatt den Lungen angehört. Dieselbe ist ein lockeres Bindegewebe, beide Blätter sind an den einander zugekehrten Flächen mit einem Endothel bedeckt.

C. Verdauungssystem.

Allgemeines.

§ 94. Das Verdauungssystem besteht aus dem Darmkanale, Tractus intestinalis, und den in denselben mündenden grossen Verdauungsdrüsen. Im Darmkanale ist von der Eingangsöffnung, der Mundhöhle, bis zur Ausgangsöffnung, dem After oder Anus, eine Schleimhaut vorhanden, in der zahlreiche Drüsen münden, die ihr Sekret in das Darmlumen entleeren. Am Eingange zum Darmkanale stehen die Lippen und Zähne, in der Eingangsöffnung liegt ein muskulöses Organ, die Zunge, deren Oberfläche mit besonderen Organen versehen ist, die zum Teil dem Geschmackssinne dienen; die Zunge soll daher in ihrem Gesammtbau erst bei den Sinnorganen besprochen werden. Wir unterscheiden am Darmkanale ferner den Schlundkopf oder Pharynx, den Magen oder Ventriculus, den Dünndarm oder Intestinum tenue, den Dickdarm oder Colon

und den Mastdarm oder Intestinum rectum. Die grossen Verdauungsdrüsen sind die Mundspeicheldrüsen, nämlich die Glandula parotis, Gl. submaxillaris und Gl. sublingualis, die Bauchspeicheldrüse oder das Pankreas und die Leber, Hepar (Jecur). In der hier angeführten Reihenfolge soll der feinere Bau der betreffenden Teile beschrieben werden.

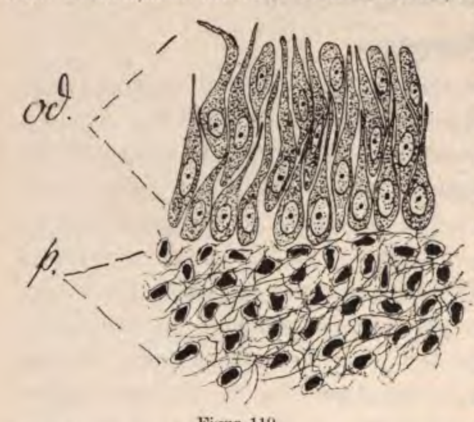
a) Darmkanal.

§ 95. Am leichtesten sind die Lippen abgethan. Die äussere Fläche derselben wird von der äusseren Haut gebildet, die innere Fläche ist von einem geschichteten Pflasterepithel bekleidet, unter dem verästelte tubulöse Einzeldrüsen liegen, welche ein schleimiges Sekret absondern. (Die Terminologie der Drüsen soll als Einleitung zu dem Abschnitte über die grossen Verdauungsdrüsen erörtert werden.)

Die Zähne.

In dem Abschnitte dieses Buches, welcher von den Geweben des Körpers handelte, sind die den Zahn zusammensetzenden Substanzen kennen gelehrt worden; hier ist das nachzutragen, was den Zahn als Organ charakterisiert.

In der Zahnhöhle, die in der Wurzel frei nach aussen mündet, liegt die Pulpa dentis, der Zahnkeim. Dieselbe ist ein lockeres Bindegewebe mit zahlreichen Zellen von runder oder ovaler Gestalt, das die Gefässe und Nerven des Zahnes beherbergt. An der Grenze zum Dentin, also an ihrer Aussenfläche, trägt die Pulpa ein geschichtetes Epithel unregelmässig cylindrischer Zellen, die sogenannten Dentinzellen oder Odontoblasten. Die einzelnen dieser Zellen sind im allgemeinen cylindrisch oder richtiger keulenförmig gestaltet; der basale Abschnitt derselben ist gegen die Pulpa hin abgerundet, der zum Dentin gerichtete zugespitzt oder wenigstens verschmälert. Zuweilen aber trifft man Zellen an, namentlich in der äussersten Schicht, welche ein gerade

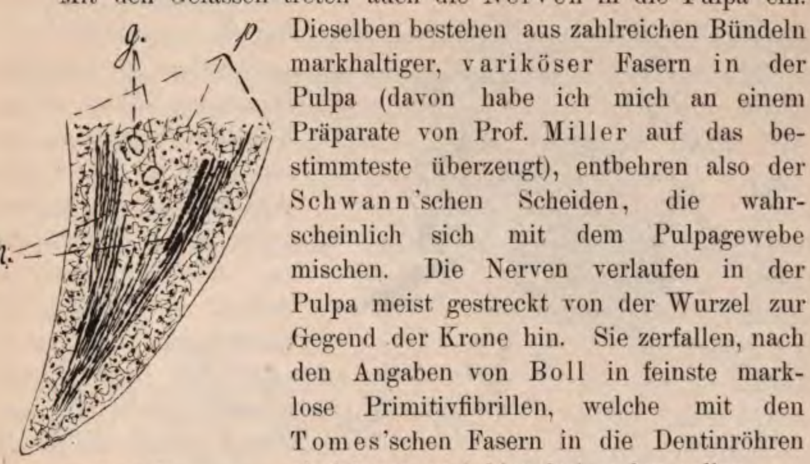


Figur 119.
Schnitt durch die Odontoblastenschicht eines Zahnes vom Hunde; nach einem Präparat von Miller (starke Vergrösserung). od = Odontoblasten; p = Pulpa.

umgekehrtes Verhalten darbieten; hier ist die der Pulpa zugekehrte Partie zugespitzt, die zum Dentin gerichtete abgerundet. Die Substanz der Odontoblasten ist zart granuliert, der Kern, welcher stets in dem abgerundeten Teile gelegen ist, ist bläschenförmig, rund oder oval, zeigt eine grobe Granulierung und enthält ein bis zwei Nucleolen. Die spitzen, zum Dentin gerichteten Enden — die verschmälerten spitzen sich allmählig zu — sind lang ausgezogen (in Schnitten ist dies nicht zu erkennen) und dringen als Tomes'sche Fasern oder Zahnfasern in die Dentinröhren ein, welche sie in ihrer ganzen Länge durchziehen sollen.

Das arterielle Gefäss tritt durch die Öffnung der Zahnwurzel in die Pulpa ein und teilt sich in mehrere Äste, welche in der Gegend der Zahnkrone sich in schlingenförmig angeordnete Capillaren auflösen, aus denen sich die aus derselben Öffnung austretenden Venen sammeln.

Mit den Gefässen treten auch die Nerven in die Pulpa ein. Dieselben bestehen aus zahlreichen Bündeln markhaltiger, variköser Fasern in der Pulpa (davon habe ich mich an einem Präparate von Prof. Miller auf das bestimmteste überzeugt), entbehren also der Schwann'schen Scheiden, die wahrscheinlich sich mit dem Pulpagewebe mischen. Die Nerven verlaufen in der Pulpa meist gestreckt von der Wurzel zur Gegend der Krone hin. Sie zerfallen, nach den Angaben von Boll in feinste marklose Primitivfibrillen, welche mit den Tomes'schen Fasern in die Dentinröhren eindringen und hier frei enden sollen.



Figur 120.
Schnitt durch die Pulpa eines Zahnes vom Hunde; nach zwei Präparaten von Miller kombiniert.
p = Pulpa; n = Nerven; g = Gefässe.

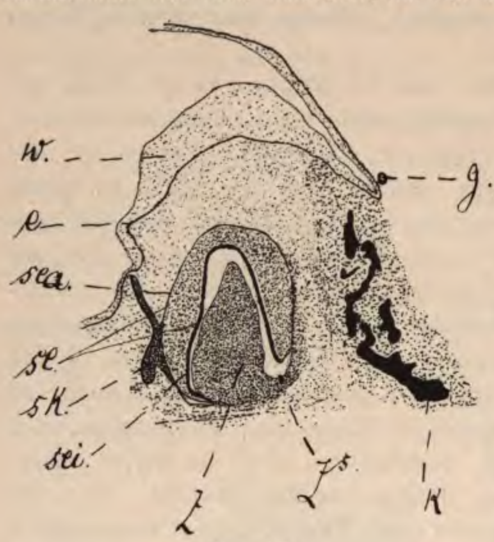
Der fertige Zahn der Säugetiere, der nach Ausstossung der Milchzähne in der Alveole steckt, ist an seiner Wurzel von einer bindegewebigen Haut überzogen, der Wurzelhaut oder dem Alveolenperiost. Erkrankungen dieser Haut haben ein Absterben des Zahnes zur Folge.

Nur die Schneidezähne der Nagetiere wachsen dauernd, d. h. es nutzen sich dieselben an den stets gebrauchten Partien der Krone ab und der Ersatz erfolgt von hinten her durch Nachwachsen. Alle übrigen Zähne der Nager und alle Zähne der anderen Säuger wachsen nie, wenn sie einmal durch die Alveole durchgebrochen sind; man kann sagen, der Zahn verharrt dauernd in seiner Kon-

figuration, die ihm zukommende Vita besteht nur in der Erhaltung seines Status quo. Aus dieser Eigenschaft oder vielmehr aus dem Mangel eines Wachstumsvermögens ist die Thatsache wohl am leichtesten zu erklären, dass der Zahn bei ihn treffenden Erkrankungen dauernd vernichtet wird und dass kein Ersatz für den vernichteten auf natürlichem Wege sich herstellt.

Es mögen hier noch einige Bemerkungen über die Entwickelung der Zähne folgen; das Detail ist in den Lehrbüchern der Entwickelungsgeschichte nachzusehen.

Der Zahn ist, so können wir kurz sagen, ein Derivat des Schleimhautepithels: um so wunderbarer, dass man das Zahngewebe unter die Bindesubstanzen stellt und, wegen seiner oberflächlichen Ähnlichkeit mit dem Knochen, als ein modifiziertes Knochengewebe erklärt hat. Embryonal zeigen die Kieferränder eine seichte Furche, die Zahnfurche, deren Epithel über den Stellen der künftigen Zähne zum Zahnwall von Kölliker verdickt ist. Von der untersten Partie des Walles dringt ein Epithelzapfen in die Schleimhaut ein, den Schmelzkeim bildend, der allmählig sich kalottenartig krümmt und daher auf dem Längsschnitte sichelförmig aussieht. Dem Schmelzkeime entgegen wächst eine papillenartige Wucherung der Schleimhaut, welche den Dentinkeim oder die Zahnpapille darstellt; dieselbe wird vom Schmelzkeim, an dem wir eine innere cylindrische und eine äussere mehr platte Epithelschicht (inneres und äusseres Schmelzepithel) unterscheiden können, kappenartig überzogen. Vom Schmelzkeime, dessen Verbindung mit dem Zahnwalle allmählig schwindet, zweigt sich seitlich ein Epithelzapfen ab, welcher den secundären Schmelzkeim bildet, der den definitiven Zahn überzieht. Die den Dentinkeim umgebende Schleimhaut bildet das Zahnsäckchen, an dem man eine äussere feste und eine innere



Figur 121.
Zahnentwickelung im Oberkiefer eines Schweinsembryo. *w* = Zahnwall; *e* = jüngste Epithelschicht; *se* = Schmelzorgan; *sei* = inneres Schmelzepithel; *sea* = äusseres Schmelzepithel; *sk* = sekundärer Schmelzkeim; *z* = Zahnkeim; *zs* = Zahnsäckchen; *k* = Knochen des Kiefers; *g* = Gefäss.

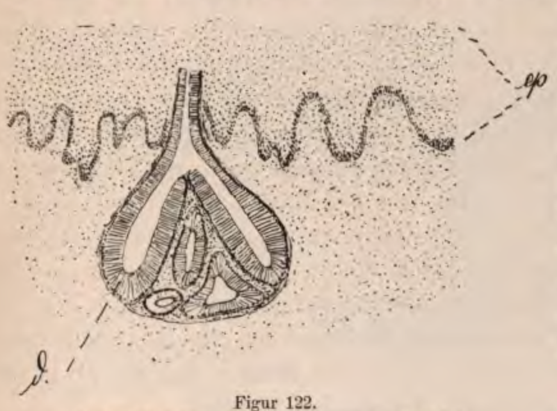
lockere Schicht unterscheiden kann, von denen die letztere umfangreicher ist als die erstere.

Mundhöhle. Pharynx. Oesophagus.

§ 96. Die Schleimhaut der Mundhöhle ist von einem geschichteten Plattenepithel bedeckt, das zahlreiche kegel- und fadenförmige Papillen der Mucosa, namentlich am Zahnfleische, überkleidet. Das Gewebe der Mucosa, das sehr viel elastische Fasern enthält, geht in eine Submucosa über, die am Zahnfleische von fester, derber Beschaffenheit, am Mundhöhlenboden von lockerer Textur ist; an letzterem Orte liegen in ihr Fettzellen. Die Mundhöhle besitzt zahlreiche verästigt tubulöse Einzeldrüsen, welche ein schleimiges Sekret liefern. Dieselben sind meist in einfacher Lage unterhalb der Mucosa angeordnet und können hier eine besondere Drüsenschicht bilden. Ihre Ausführungsgänge sind kurz und münden, in gerader Richtung das Epithel durchsetzend.

Am Pharynx ist im oberen Teile beim neugeborenen Menschen ein geschichtetes Flimmerepithel vorhanden, das beim Erwachsenen durch ein geschichtetes Plattenepithel ersetzt ist. Unter der Mucosa liegen verästigt tubulöse Einzeldrüsen und lymphoide Organe (Tonsille). Die Muskulatur des Pharynx ist quergestreift.

Der Oesophagus hat bei Säugern (und auch bei Vögeln) ein geschichtetes Plattenepithel, während bei Amphibien ein geschichtetes wimperndes Cylinderepithel vorhanden ist. Die Drüsen sind wie die der Mundhöhle und des Oesophagus verästigt tubulöse Einzeldrüsen, zuweilen aber münden mehrere Gangsysteme in einen Ausführungsgang.



Figur 122.
Querschnitt durch den Oesophagus vom Huhn.
ep = Epithel; *d* = Drüsen.

Die Muskulatur ist in Fortsetzung des Pharynx zunächst im oberen Drittel eine quergestreifte, welche aus einer starken äusseren longitudinalen und einer schwächeren inneren circulären Schicht besteht. Im zweiten Drittel der Längenausdehnung der Speiseröhre wird allmählig die quergestreifte durch glatte Muskulatur ersetzt, so-

dass nach Schweigger-Seidel von der zweiten Hälfte ab nur das letztgenannte Muskelgewebe die Oesophagealwand bildet.

Der Magen.

§ 97. Mit dem Magen beginnt der eigentlich verdauende Abschnitt des Tractus intestinalis. Magen und Darmkanal zeigen hinsichtlich des Baues übereinstimmende Verhältnisse, nur durch die Art und physiologische Bedeutung der in ihnen enthaltenen Drüsen und durch die in der Mucosa des Darmes vorkommenden Lymphknötchen unterscheiden sie sich von einander. Das Übereinstimmende soll zunächst hervorgehoben werden.

Der Tractus intestinalis ist vom visceralen Blatte des Peritoneum überzogen. Dieser seröse Überzug, der den gleichen Bau hat wie das Peritoneum selber, also ein lockeres, wenige elastische Fasern enthaltendes und mit einem Endothel bekleidetes Bindegewebe darstellt, fehlt an einzelnen Partieen, wie in den Lehrbüchern der Anatomie nachgelesen werden möge. Unter dem serösen Überzuge oder der Serosa des Darmkanales findet sich das subseröse Gewebe, ein lockeres Bindegewebe, das am stärksten an den Insertionsstellen des Mesenterium entwickelt ist. Darauf folgt das Muskelrohr. Dasselbe besteht im ganzen Darmkanale aus zwei Lagen von glatten Muskeln, einer äusseren longitudinal und einer inneren circulär verlaufenden; letztere ist die stärkere. Im untersten Abschnitte des Rectum finden sich quergestreifte Muskeln. Die Muskelhaut des Kanales bildet durch Duplikatur an der Übergangsstelle vom Magen in den Dünndarm, am Pylorus, eine Klappe, die Valvula pylori. Nach innen von der Muscularis liegt die Submucosa oder Nervea; dieselbe, ein lockeres Bindegewebe, ist Trägerin der Gefässe und Nerven. Sie wird von der Mucosa durch eine Muskelhaut, die Muscularis mucosae, getrennt, welche von zwei Schichten glatter Muskelfasern gebildet wird, die in ihrer Anordnung pedantisch die Anordnung des Muskelrohres rekapitulieren; auch hier ist die äussere Schicht von longitudinal, die innere von circulär verlaufenden Fasern gebildet. Die Mucosa, welche die Drüsen beherbergt, ist an den verschiedenen Abschnitten verschieden gebildet.

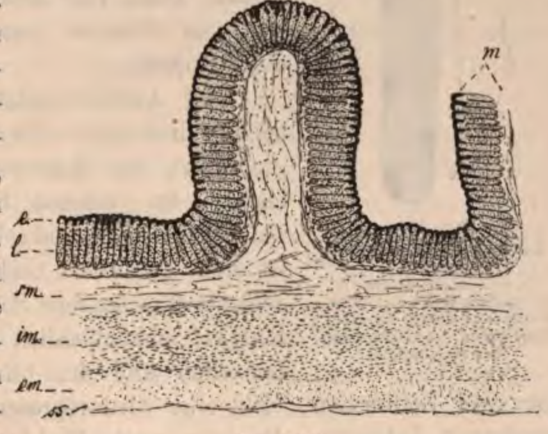
§ 98. Am Eingange des Magens, der Cardia, hört das den Oesophagus auskleidende geschichtete Plattenepithel auf und es beginnt, sich scharf absetzend, ein einfaches Cylinderepithel. Diese Cylinderzellen zeigen deutlich bei den Amphibien, weniger deutlich bei den Säugern, ein eigentümliches Verhalten gegen die basischen



Figur 123.
Magenepithel von Salamandra maculosa.
m = Mucosa; e = Epithel; x = stärker gefärbte Partie desselben.

Aniline. Bei den ersteren Tieren nämlich ist das freie Drittel, manchmal sogar die freie Hälfte der Magenepithelzellen nach Anwendung basischer Aniline (Safranin, Bismarckbraun) intensiv gefärbt und es setzt sich diese Partie scharf ab gegen den fast ungefärbt gebliebenen basalen, den ovalen Kern enthaltenden Abschnitt der Zelle. Diese Färbung gleicht ganz ausserordentlich derjenigen, welche die Becherzellen annehmen; dieselben, welche im Dünndarme aller Vertebraten vorkommen, färben sich in den genannten Farbstoffen ebenfalls sehr intensiv und diese Affinität zu jenen Farbstoffen, die bei den Becherzellen der Inhalt der Theca besitzt, ist ein Zeichen der mucinösen Beschaffenheit des von den Becherzellen gelieferten Sekretes. Nun sind aber die Magenepithelzellen keine Becherzellen, ein Sekret enthält daher die einzelne Zelle nicht, die angeführte Neigung zu basischen Anilinen deutet aber darauf hin, dass der freie Abschnitt der betreffenden Epithelien wahrscheinlich von mucinöser Beschaffenheit, jedenfalls von chemisch anderer Zusammensetzung ist, wie der basale Abschnitt.

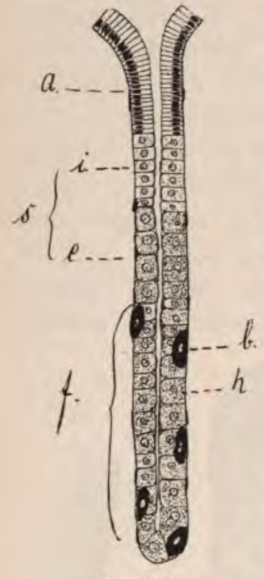
Die Magenschleimhaut liegt ihrer Unterfläche nicht glatt auf, sie bildet vielmehr Falten, die bei den Amphibien parallel mit der Längsaxe des Magens angeordnet sind, bei den Säugern dagegen sich vielfach kreuzen und hier, namentlich am Pyloricalteile, besonders hoch und dicht sind. Bei Hunden zeigt am Pylorus die Magenschleimhaut eine dunklere Farbe als am Fundus und der Cardia, sie ist dort rötlich braun, hier mehr gelb. Der Hauptbestandteil des Magens, der für die physiologische Verrichtung dieses Organes von charakteristischer Bedeutung ist, sind die Magendrüsen, die wir als Labdrüsen und



Figur 124.
Querschnitt durch eine Falte des Magens vom Hunde.
ss = Subserosa; em = äussere, im = innere Muskelschicht; sm = Submucosa; m = Mucosa; l = Labdrüsen; e = Epithel.

Pylorusdrüsen oder Magenschleimdrüsen unterscheiden können. Die letzteren sind nach Flemmings durchaus richtiger Terminologie verästelte tubulöse Einzeldrüsen, die ersteren unverästelte tubulöse Einzeldrüsen.

Die Labdrüsen sind einfache, mehr oder weniger lange Schläuche, welche die ganze Mucosa einnehmen; sie sind so zahlreich und stehen zugleich so dicht, dass das zwischen ihnen liegende Gewebe nur sehr spärlich entwickelt ist und häufig einen cytogenen oder lymphadenoiden Charakter annimmt. Die Drüsen münden entweder einzeln für sich oder zu zweien oder mehreren in gemeinsamem Ausführungsgange im Epithel; doch bleibt auch in letzterem Falle ihr Charakter als unverästigter tubulöser Einzeldrüsen gewahrt. Man kann an diesen Gebilden drei Abschnitte unterscheiden, die ohne Unterbrechung in einander übergehen und die das Gemeinsame haben, dass sie auf einer strukturlosen kernhaltigen Membran, der sogenannten Tunica propria, aufsitzen. Der innerste im Epithel mit kreisrunder Öffnung, oder, wenn mehrere Drüsen hier vereint sind, mit grubenförmiger Vertiefung, dem Magengrübchen, mündende Teil ist der Ausführungsgang; auf denselben folgt eine mittlere Partie, der Hals oder das innere Schaltstück Rollett's, dann kommt das äussere Schaltstück von Rollett und endlich der Fundus oder der eigentliche Drüsenkörper. Diese vier Abteilungen unterscheiden sich von einander durch die Beschaffenheit ihres Epithels.



Figur 125.
Labdrüse vom Hunde; im Längsschnitte.
a = Ausführungsgang; s = Schaltstück; i = innere, e = äussere Partie desselben; f = Fundus; b = Belegzellen; h = Hauptzellen.

Im Ausführungsgange sind die Zellen hoch cylindrisch, durchsichtig, d. h. nicht granuliert, der längsovale Kern ist basal gelegen. Im inneren Schaltstücke sind die Zellen niedriger, mehr kubisch, ihre Substanz ist dicht granuliert und der Kern findet sich central. Das äussere Schaltstück besteht nach Rollett ausschliesslich aus Belegzellen oder Labzellen und der blind endigende Fundus hat zwei Zellformen. Die eine wird repräsentiert durch die eben erwähnten Labzellen, die man nach Heidenhain Belegzellen, nach Rollett adelomorphe Zellen nennt. Es sind dies ziemlich grosse runde oder polyedrische Zellen, deren Leib dunkel granuliert,

wie körnig erscheint; dieselben bringen nach Heidenhain die Magensäure (HCl) hervor und herrschen während des Verdauungsaktes vor. Die zweite Form der Zellen des Drüsenfundus sind die sogenannten Hauptzellen von Heidenhain, Rollett's delomorphe Zellen. Das sind kleine, kegelförmige, im Querschnitte eckig erscheinende Zellen, die weniger dunkel gekörnt sind, als die der vorigen Form; sie liefern nach Heidenhain das Pepsin und überwiegen beim Hungerzustande der Tiere. Auf einem Querschnitte durch den Magen zeigt sich die Anordnung beider zelligen Bestandteile des Drüsenkörpers so, dass die delomorphen das Lumen des Drüsenschlauches begrenzen und der Membrana propria aufsitzen, während die adelomorphen seitlich den ersteren anliegen und im Hungerzustande des Tieres nicht das Lumen erreichen.



Figur 126.
Querschnitt durch vier Labdrüsen des Magens eines jungen Hundes.
b = Belegzellen.

Die Pylorus- oder Magenschleimdrüsen sind, wie erwähnt, verästigt tubulöse Drüsen; sie sind beim Menschen in nur geringer Ausdehnung, bei Meerschweinchen, Kaninchen, Katze und Hund dagegen sehr reichlich in der Pylorusgegend — daher der Name — vorhanden. Die Gestalt der diese Drüsen zusammensetzenden Zellen erinnert an die der Hauptzellen der Labdrüsen. Sie liegen in lymphadenoidem Gewebe, in dem es auch, beim Menschen nur selten, zur Bildung von Lymphknötchen kommt, die früher als linsenförmige Drüsen beschrieben worden sind.

Die Blutgefässe, welche den Magen vascularisieren, zeigen eine ganz charakteristische Anordnung. Die Arterien, welche schräg durch die Muscularis hindurchgehen, teilen sich in der Submucosa in feine Ästchen, die schief zur Schleimhaut aufsteigen. An der Unterfläche derselben zerfallen sie in ein Netz von Capillaren, deren gestreckte Maschen die Labdrüsenfundi umspinnen. Nach dem Epithel der Schleimhaut erhält das Netz, das selbstverständlich nicht in das Epithel eintritt, mehr rundliche Maschen, welche die Ausführungsgänge der Labdrüsen umgeben. Aus diesem mehr oberflächlich gelegenen Capillarnetz entstehen die Venen, die nicht so zahlreich sind wie die Arterien; dieser Umstand ruft eine Erhöhung des Blutdruckes in den Capillaren hervor. Die Venen sammeln sich zu

grösseren Stämmen, welche, gerade hinab in die Submucosa ziehend, hier ein flach ausgebreitetes Venennetz bilden, aus dem die Hauptgefässe entstehen, welche wie die Arterien schräg die Muskulatur durchsetzen.

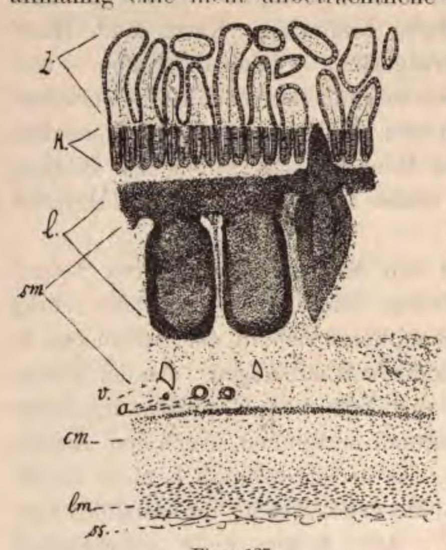
Die Lymphgefässe bilden in der Submucosa grosse Netze, von denen aus ziemlich umfangreiche und sich ramificierende Gänge, deren Enden blind sind, in die Mucosa bis dicht zum Epithel aufsteigen.

Die Verteilung der Nerven gleicht im wesentlichen der im Dünndarme, es wird daher auf das dort Auszuführende verwiesen.

Der Darm.

§ 99. Im Dünndarme treten zweierlei Faltenbildungen auf, die einen verschiedenen Ursprung haben. Die einen sind die aus der deskriptiven Anatomie bekannten Valvulae conniventes Kerkringii, die aus einer Duplikatur der Submucosa entstehen, die anderen sind die Darmzotten, Villi intestinales, welche durch das Epithel und die Mucosa gebildet werden. Durch beide Bildungen, von denen namentlich die Zotten ausserordentlich reichlich entwickelt sind, wird die verdauende und resorbierende Oberfläche des Darmkanales ganz ungemein vergrössert.

Die Zotten im Anfange, d. h. im Duodenum flach, erreichen allmählig eine nicht unbeträchtliche Höhe, die bei manchen Tieren (z. B. Kaninchen) mehr beträgt, als der Dickendurchmesser des übrigen Teiles der Darmwandung. Sie sind von konischer oder pyramidaler Gestalt und stellen handschuhfingerförmige, also unverzweigte Erhebungen der Schleimhaut dar; nur bei Macacus cynomolgus habe ich baumartig verästigte Zotten angetroffen. In den Zotten verlaufen glatte Muskelfasern.



Figur 127.
Längsschnitt durch den Dünndarm des Hundes. z = Zotten; k = Krypten; l = Lymphzellenanhäufung (Lymphknötchen); sm = Submucosa; cm = circuläre Muskeln; lm = Längsmuskeln; ss = Subserosa; a = Arterien; v = Venen.

Das Epithel der Zotten ist ein hohes Cylinderepithel, dessen freier, doppelt konturierter Saum eine feine Längsstrichelung erkennen lässt (cfr. Figur 4), die in Schnitten von konserviertem Materiale, wie in der

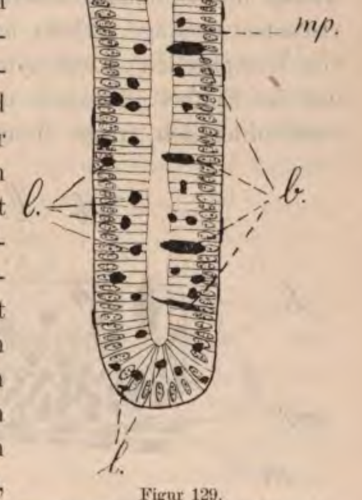


Figur 128.
Dünndarmzotte vom Kaninchen.
(Die Becherzellen sind dunkelschwarz gehalten.

Figur 128, nicht hervortritt. Zwischen diesen indifferenten Zellen finden sich in sehr grosser Menge durch den ganzen Dünndarm Becherzellen, deren Theca offenbar ein mucinöses, weil mit basischen Anilinen sich intensiv tingierendes Sekret enthält.

Die drüsigen Bestandteile des Dünndarmes sind zweierlei Art, einmal sind es verästelte tubulöse Einzeldrüsen und dann unverästelte tubulöse Einzeldrüsen. Die ersteren sind die sogenannten Brunner'schen Drüsen: einzelne tubulöse Gangsysteme, die als Schleimdrüsen zu betrachten sind. Dieselben liegen im Duodenum und reichen beim Menschen bis zur Einmündungsstelle des Ductus choledochus; sie erstrecken sich bis zur Muscularis mucosae nach der Tiefe hin.

Die physiologisch wichtigere Form ist die der einfachen, unverästigten Tubuli, welche Lieberkühn'sche Krypten genannt werden. Dieselben finden sich nach Krause im Duodenum 3 mm von der Valvula pylori ab und von da im ganzen Dünndarme, sie liegen sehr dicht gedrängt an einander in ununterbrochener Schicht und reichen nicht ganz bis zur Muscularis mucosae. Nur da, wo Lymphknötchen vorhanden sind, fehlen die Krypten (Figur 127). Diese blindsackartigen Schläuche besitzen eine kernführende strukturlose Tunica propria und ein Epithel, welches denselben Charakter hat, wie das der Zotten. Die Zellen sind hochzylindrisch, ihr freier Saum zeigt eine feine Strichelung, die ebenfalls vielfach durch die fixierenden und konservierenden Reagentien undeutlich gemacht wird. Die Zellkerne sind wie beim Zottenepithel von ovaler Gestalt und liegen basal. Zwischen den indifferenten finden sich Becherzellen, wenn auch nicht in der gleichen Menge wie in den Zotten, deren Sekret mucinös ist. Die Krypten münden an den Basen der Zotten; da sie viel zahlreicher als diese sind, so sieht es in Schnittpräparaten so aus, als ob mehrere Krypten von einer Zotte überdeckt werden (cfr. Figur 127). Es ist dies auch insofern den Thatsachen entsprechend,

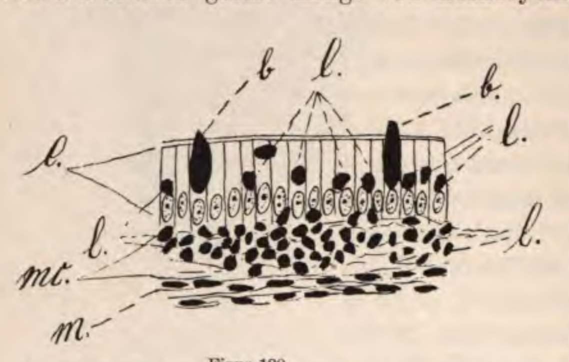


Figur 129.
Krypte aus dem Dünndarme des Hundes. mp = Membrana propria; b = Becherzellen; l = Lymphzellen.

als die Krypten nicht bloss in den Zwischenräumen zwischen den Zotten, sondern auch unter denselben gelegen sind, was bei ihrer grossen Zahl, der kontinuierlichen Aneinanderlagerung und ihrem engen Lumen selbstverständlich ist.

Die Schleimhaut des Dünndarmes ist kein gewöhnliches Bindegewebe, sondern ein lymphadenoides oder cytogenes Gewebe. Weniger reichlich bei Kaninchen, in mächtiger Entwicklung z. B. bei Hunden finden sich in derselben lymphoide Zellen, die zu starken Keimcentren oder Knötchen angehäuft sind. Diese Knötchen, welche man nicht mit den noch zu erwähnenden sogenannten Follikeln verwechseln darf, sind stets mikroskopische Gebilde, welche in der Schleimhaut gelegen sind und bis tief in die Submucosa hineinreichen. Meist von cylindrischer Form, selten konisch gestaltet, liegen sie dicht aneinander und gewähren in Folge der Häufung und ganz bestimmten Gruppierung der lymphoiden Elemente ein prägnantes und charakteristisches Aussehen (Figur 127). Zuweilen dringen sie gegen die Zotten vor, drängen dabei die Krypten auseinander und erreichen die Oberfläche, nur von einer dünnen Epithellage überzogen. Wo dieses der Fall ist, hat keine Zottenbildung statt, auch die Zotten erscheinen durch die lymphoiden Centren wie auseinandergedrängt.

Die Anhäufung der lymphoiden Elemente zu besonderen Centren, welche der Dünndarmschleimhaut ein so ausserordentlich charakteristisches Gepräge verleiht, hat eine ungemein lebhafte Auswanderung von Lymphzellen (Leukocyten) zur Folge. Man trifft daher unter und im Epithel, zwischen den Epithelzellen und in denselben eine ausserordentlich grosse Menge von Leukocyten an, wie dies Stöhr zuerst nachgewiesen, die auf der Durchwanderung zum Darmlumen begriffen sind. Diese Lymphzellen, an denen wesentlich nur der Kern sichtbar ist, während der plasmatische Leib nur einen schmalen, kaum wahrnehmbaren Saum bildet, sind durch ihre intensive Färbung, die sie in Kernfarbstoffen annehmen, so gekennzeichnet, dass eine Verwechselung derselben



Figur 130.
Dünndarmepithel vom Kaninchen. *m* = Muscularis; *mc* = Mucosa; *b* = Becherzellen; *l* = Lymphzellen, zum Theil in Durchwanderung begriffen.

mit anderen Gebilden vollkommen ausgeschlossen ist. Liegen die Leukocyten innerhalb einer Epithelzelle, so zeigt sich um dieselben ein heller Hof, der den Leukocyt von der Substanz der Epithelzelle trennt, letztere hat also ein Loch da, wo die durchwandernde Zelle sich grade befindet.

§ 100. Die Blutgefässe des Dünndarmes zeigen das folgende Verhalten. Die Arterien bilden in der Muscularis ein Capillarnetz mit längsgestreckten Maschen, wobei der Längsdurchmesser der letzteren parallel ist dem Längsverlaufe der betreffenden Muskelschicht. In der Submucosa ist ein Capillarnetz vorhanden, ausserdem dringen Gefässe durch die Muscularis mucosae in die Mucosa ein, umspinnen mit ihren Capillaren die Lieberkühn'schen Krypten und senden eine Arterie in jede Zotte, die hier sich in Capillaren auflöst, aus denen sich die Venen sammeln. Die letzteren haben die gleichen Wege rückwärts, wie die Arterien vorwärts.

Von grösster Wichtigkeit sind die Lymphgefässe, da diese die verdauten Massen aufsaugen und dem Kreislaufe zuführen. In jeder Darmzotte ist ein central gelegener, blind an der Zottenspitze endigender Kanal vorhanden, das centrale Chylusgefäss, welches den Anfang der Lymphbahnen des Darmes bildet. Meistens ist nur ein solches centrales Gefäss vorhanden, zuweilen aber auch zwei oder selbst mehrere. Ist das letztere der Fall, so sind in der Spitze der Zotten die Chylusgefässe mit einander durch bogige Kommissuren vereint. Das Chylusgefäss geht entweder in ein die Lieberkühn'schen Krypten umspinnendes Netz über oder es steigt unverästelt herab in die Schleimhaut. An der Grenze von Mucosa und Submucosa vereinigen sich die verschiedenen Chylusgefässe und bilden ein flach ausgebreitetes Netz, das beim Menschen aus sehr engen, bei anderen Säugern aus sehr weiten Bahnen besteht. Aus dem submukösen Netze, das mit einem zwischen den beiden Muskelschichten des Darmrohres gelegenen Lymphgefässnetze, dem interlaminären von Auerbach, in Verbindung steht, entwickeln sich grössere, knotig erscheinende Lymphgefässe, die in die subserösen Lymphbahnen übergehen. Letztere führen als Vasa chylifera im Mesenterium zu den einzelnen Lymphknoten, aus denen dann in einer Weise, die in den Lehrbüchern der Anatomie nachzulesen ist, der Truncus lymphaticus intestinalis entsteht, welcher auf dem zweiten Lumbalwirbel (dies gilt alles für den Menschen) sich in die Cisterna chyli einsenkt.

Im Dünndarme finden sich makroskopisch sichtbare Lymphknötchen, die sogenannten Peyer'schen Haufen, deren Bau bereits

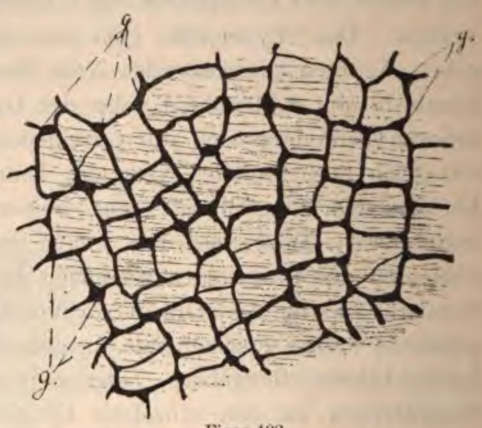
bei Besprechung der Lymphknoten (s. Kreislaufssystem) abgehandelt wurde. Die Chylusgefässe umspinnen mit einem feinen Netze jeden dieser Haufen und münden entweder in den Lymphsinus desselben oder gehen direkt in die bereits vorhin erwähnten knotigen Lymphgefässe über.

§ 101. Der Nervenapparat des Dünndarmes, der vom Vagus und vom Sympathicus abstammt, ist ausserordentlich reich entwickelt und bildet zwei Geflechte. Das eine derselben ist der Plexus submucosus oder das Meissner'sche Geflecht. Es liegt, wie der Name besagt, in der Submucosa und besteht aus kleinen länglichen Ganglien, die durch zarte Nervenstränge unter einander verbunden sind. Dadurch, dass die Nerven sich teilen, sich kreuzen und sich verbinden, entsteht das Geflecht, dessen Maschen weit sind. Die aus demselben entstehenden Nerven versorgen die Mucosa und die Darmdrüsen.



Figur 131.
Plexus submucosus vom Kaninchen.

Das zweite Geflecht ist der Plexus myentericus oder das Auerbach'sche Geflecht. Dasselbe liegt zwischen den beiden Muskelschichten, welche von ihm innerviert werden, und besteht wie das vorige aus Ganglien und ein Netz bildenden Nerven. Der Unterschied vom Meissner'schen Geflechte beruht darin, dass die Ganglien hier im allgemeinen kleiner aber dicker und mehr viereckig sind, und dass die breiteren Nerven ein ziemlich enges Netzwerk bilden.



Figur 132.
Plexus myentericus vom Kaninchen.
g = Ganglien.

§ 102. Der Dickdarm unterscheidet sich vom Dünndarme durch den Mangel an Zotten und die geringere Anfüllung des Schleimhautgewebes mit lymphoiden Zellen. Das Epithel ist ein Cylinderepithel, das sehr viel Becherzellen enthält; es gleicht in

allen Punkten dem des Dünndarmes. Die Lieberkühn'schen Krypten werden hier durch die Dickdarmschläuche vertreten, welche mit den Krypten in ihrem Baue übereinstimmen. Auch alle anderen Verhältnisse des Dickdarmes gleichen denen des Dünndarmes, nur finden sich hier an Stelle der Peyer'schen Haufen die solitären Lymphknötchen (fälschlich Follikel genannt), deren Textur beim Kreislaufssysteme bereits erörtert wurde.

b) Die grossen Verdauungsdrüsen.

Allgemeines über Drüsen.

§ 103. Unter Drüse verstehen wir ein Organ, das aus dem ihm zugeführten Blute flüssige oder mehr feste Substanzen abzuscheiden, zu sezernieren, vermag. Derjenige Bestandteil der Drüsen, welcher diese sekretorische Funktion besitzt, ist das Epithel oder Drüsenepithel, welches bei den verschiedenen Drüsen eine verschiedene Form besitzt; das Epithel ruht auf einer bindegewebigen Grundlage, der Membrana propria, auf. In den grösseren drüsigen Organen findet sich noch Bindegewebe in mehr oder minder beträchtlicher Menge, das interstitielle Bindegewebe, durch welches das Drüsenepithel mehr oder minder deutlich zu einzelnen Gruppen zusammengefasst wird.

Das Drüsenepithel bildet verzweigte oder unverzweigte Schläuche, die auf der einen Seite blind enden, auf der anderen offen sind und damit münden. Die einzelnen Schläuche vereinigen sich häufig, bei den grossen Drüsen immer, zu einem besonderen, ebenfalls mit Epithel bekleideten aber nicht sezernierenden Gange, dem Ausführungsgange. Je nach der Gestaltung des Epithelschlauches richtet sich die Einteilung der Drüsen.

Wir müssen tubulöse und alveoläre Drüsen unterscheiden, indem wir nach Flemmings Vorgange den früher für viele tubulöse Drüsen gebräuchlichen Ausdruck acinös ganz fallen lassen, da dieser Terminus ein verfehlter, den Bau der Drüsen nicht klar bezeichnender ist. Tubulös nennen wir eine Drüse dann, wenn der Epithelialschlauch von der Mündungsstelle bis zu seinem blinden Ende ein überall gleichmässiges (cylindrisches) Lumen besitzt. Eine alveoläre Drüse ist eine solche, deren sezernierender Schlauch eine bauchige Form hat, d. h. an seinem blinden Ende eine Erweiterung seines Lumen erkennen lässt.

Tubulöse wie alveoläre Drüsen sind entweder Einzeldrüsen oder zusammengesetzte Drüsen. Die Einzeldrüsen sind ent-



Figur 133.
Schema eines tubulösen Gangsystemes (Einzeldrüse); nach Flemming.

weder unverästelt oder verästelt. Unverästelt stellen sie einfache Tubuli oder einfache Alveolen dar, als verästelte zeigen sie die Ramifikationen eines Schlauches und bilden, wenn es sich um einen Tubulus handelt, ein einfaches tubulöses Gangsystem, wenn Alveolen vorliegen, ein einfaches Alveolensystem. Die zusammengesetzten Drüsen haben stets verästelte Schläuche, die Zusammensetzung wird durch das interstitielle Bindegewebe bewirkt. Von der diese Drüsen umhüllenden Kapsel dringen Fortsätze in das Innere des Organes ein und fassen mehrere Gangsysteme oder Alveolensysteme zu einzelnen Läppchen zusammen und die Läppchen wiederum zu Lappen. Sind die ersteren, die Lobuli, deren jeder eine grössere Zahl von Gangsystemen oder Alveolensystemen darstellt, allein vorhanden, d. h. sind dieselben nicht zu einer höheren Einheit durch Bindegewebe gruppiert, so nennt man die Drüsen lobuläre; sind mehrere Lobuli dagegen zu Lappen, Lobi, vereint, so spricht man von lobären Drüsen. Die zusammengesetzten alveolären Drüsen sind nur lobär, nie lobulär.



Figur 134.
Schema eines verzweigten tubulösen Gangsystemes (Parotis vom Pferd); nach Flemming.
a = Ausführungsgang; b = sezernierende Tubuli.



Figur 135.
Schema eines einzelnen verästelten Alveolensystems; nach Flemming.

Die vorstehenden Auseinandersetzungen werden am besten durch das nebenstehende Schema veranschaulicht.

§ 104. Mit Hilfe des nebenstehenden Schema ist es leicht, die drüsigen Teile, welche in einem mikroskopischen Präparate angetroffen werden, zu rubrizieren und somit morphologisch zu verstehen; wenden wir uns nunmehr zur Betrachtung des Sekretionsvorganges.

Durch die Arbeiten besonders von Heidenhain haben wir die Thatsache erfahren, dass die Produktion flüssiger Sekrete einhergeht mit ganz bestimmten morphologischen Veränderungen der sezernierenden Epithelien. Je nach dem Stadium der Sekretion, in welchem sich die Drüsenzelle befindet, ist ihr Aussehen ein verschiedenes; da nun die

Schema der Drüseneinteilung nach Flemming.

(zuerst veröffentlicht in: Archiv f. Anat. u. Entwicklgsg. von His u. Braune 1888).

	a) Tubulöse Drüsen Sezernierende Gänge von cylindrischer oder ähnlicher Form, Tubuli.			b) Alveoläre Drüsen Sezernierende Schläuche von bauchiger Form, Alveoli.		
I. Einzeldrüsen.	Unverästelte.	Einfache Tubuli.	Knäueldrüsen. Labdrüsen. Lieberkühn'sche Drüsen.	Unverästelte.	Einfache Alveoli.	KleinsteTalgdrüsen. Hautdrüsen der Amphibien. FollikeldesOvarium.
	Verästelte.	Einzelne tubulöse Gangsysteme.	Pylorus- und Brunner'sche Drüsen. Kleinste Schleimdrüsen und v. Ebner'sche Drüsen. Uterindrüsen etc.	Verästelte.	Einzelne Alveolensysteme.	GrössereTalgdrüsen. Meibom'sche Drüsen.
II. Zusammengesetzte Drüsen.	Lobuläre. (Bloss aus gleichwertigen Lobulis bestehend, ohne Abgrenzung von Läppchen höherer Ordnung, Lobi, durch Bindegewebe.)		Leber.			
	Lobäre. (Lappen höherer Ordnung, Lobi, je mehrere Lobuli enthaltend, sind meistens durch Bindegewebssepta abgegrenzt.		Submaxillaris, Sublingualis und grössere Schleimdrüsen. Parotis. Thränendrüse. Pankreas. Cowper'sche u. Prostata-Drüsen. Nieren. (Hier die Abgrenzung der Lobuli und Lobi verwischt.) Hoden.	Lobäre. (Je mehrere Gruppen von Alveolensystemen vereinigt).		Milchdrüsen. Lungen. (Die Alveolensysteme hier in grösserem Maasse entwickelt zu den Schulze'schen Alveolengangsystemen.)

meisten drüsigen Organe dauernd Sekret absondern, so müssen wir auch in jeder Drüse alle Phasen der Thätigkeit antreffen. Bisher hat man bei Säugetieren die Sekretionsvorgänge an den Speicheldrüsen und an den in die Schleimhäute eingebetteten Schleimdrüsen sowie an den Milchdrüsen erkannt, während es noch nicht mit Sicherheit gelungen ist, in den anderen flüssige Substanzen produzierenden drüsigen Organen die Phasen des Prozesses zu fixieren und so dieselben mikroskopisch zur Anschauung zu bringen. Das im folgenden Auszuführende bezieht sich daher nur auf jene erst erwähnten Organe und hat unter diesen wesentlich für die Speicheldrüsen Geltung. Es sei noch bemerkt, dass auch bei Wirbellosen, wie ich durch eigene Untersuchungen an geeigneten Objekten feststellen konnte, die Verhältnisse die gleichen sind.

Wir können an den Zellen der drüsigen Organe zwei Hauptformen unterscheiden, die sekretgefüllte und die sekretleere Zelle. Die letztere zeigt uns das Stadium der Ruhe an, die erste das der vollendeten Sekretion; zwischen beiden Extremen sind Übergänge vorhanden, welche die allmählige Umwandlung der Zellsubstanz in den flüssigen Stoff darbieten. Unter der Einwirkung besonderer Momente, die sowohl in den Kreislaufsverhältnissen wie in der Innervierung der Drüsen zu suchen sind, verändert sich die bei den einen Drüsen zart granuliert bei den anderen grob granuliert erscheinende Substanz der sezernierenden Zellen allmählig chemisch derart, dass sie verflüssigt wird und dabei zugleich den spezifischen Charakter annimmt. Der Vorgang scheint — wenigstens habe ich ihn so in den hinteren Speicheldrüsen der Cephalopoden verfolgen können — derart sich abzuspielen, dass die dem Lumen des Drüsenschlauches zugewandte Partie der Zelle sich zuerst umwandelt, dass die Umwandlung von da zur Membrana propria innerhalb der Zelle allmählig basalwärts fortschreitet und dass dabei gleichzeitig durch das so entstandene Umwandelungsprodukt der Kern mit einem Reste unverändert gebliebener, physiologisch aber erschöpfter Zellsubstanz an die Membrana propria angedrängt wird. Ist die Umwandlung der Zellsubstanz beendet, dann ist die Zelle sekretgefüllt. Nach Entleerung des Sekrets regeneriert sich der Rest der erschöpften, um den Kern gelagerten Zellsubstanz, und zwar schreitet der Regenerationsprozess in umgekehrter Richtung vorwärts wie der Sekretionsprozess: es sind also die basalen der Membra propria (Tunica propria) benachbarten Partieen, welche zuerst wieder normal werden, während an der dem Schlauchlumen zugewandten Stelle die Zellsubstanz zuletzt ihr granuliertes Aussehen wieder erlangt. Ist dies eingetreten, *dann ist* die Zelle sekretleer.

Pari passu mit den Veränderungen der Zellsubstanz gehen Veränderungen im Kern einher. Während der Thätigkeit der Zelle, d. h. während ihrer Umwandlung in Sekret wird der Kern kleiner, er schrumpft, erhält unregelmässige Gestalt und zeigt nach Behandlung mit Farbstoffen ein homogenes Aussehen. Während des Regenerationsprozesses quillt der Kern auf und hat bis zum Eintritte der sekretleeren Phase seine normale Beschaffenheit wieder erlangt; er ist rund und man kann mehr oder minder deutlich sein Chromatingerüst erkennen.

Offenbar finden zwischen Kern und Zellsubstanz während der Sekretbildung und während der Regeneration innige Wechselbeziehungen statt, möglicherweise übt bei der Regeneration der Kern auf die erschöpfte Zellsubstanz einen belebenden, anreizenden Einfluss aus: indessen können wir zur Zeit etwas Positives hinsichtlich dieser Beziehungen noch nicht feststellen, wir bewegen uns hier vollständig auf dem Gebiete der Spekulation.

Man hat, so namentlich Heidenhain, angenommen, dass die sekretgefüllte Zelle mit der Entleerung des Sekretes zu Grunde gehe und stützte sich dabei auf gewisse Bildungen in den Speicheldrüsen der Säuger, auf die später noch hinzuweisen sein wird. In Konsequenz dieser Annahme supponierte man eine Neubildung von Drüsenzellen zum Ersatze der verloren gegangenen. Mit Recht hat Stöhr, dem ich nach meinen Erfahrungen an Wirbellosen voll zustimmen kann, diese Annahme des Zugrundegehens der thätig gewesenen Drüsenzellen als eine irrige zurückgewiesen. Er hat namentlich darauf aufmerksam gemacht, dass man in den Drüsen erwachsener Individuen keinerlei Andeutungen eines Ersatzes (Zellteilungen) anträfe, dass also eine Neubildung von Drüsenzellen nicht vorkommt und demgemäss auch mit der Sekretion kein Zugrundegehen der sezernierenden Elemente verbunden sein kann. Zudem ist nirgends, auch nicht für Wirbellose, der Nachweis dieses Zugrundegehens voll erbracht worden, der grössere Teil der hierfür als beweisend in den Arbeiten der Autoren vorhandenen Abbildungen lässt eine andere Deutung zu und vielfach sind die zum Nachweis verwandten Methoden nicht einwandsfrei. Wir sind vielmehr berechtigt, die sezernierenden Zellen als langlebige Elemente zu betrachten.

Zu der oben entworfenen Schilderung des Sekretionsvorganges ist noch ergänzend beizufügen, dass mit der Umwandlung der Zellsubstanz in Sekret auch deren Verhalten gegen die zur mikroskopischen Untersuchung verwendeten Stoffe sich ändert, und zwar in einer für die verschiedenen Arten der Speichel- und Schleimdrüsen — denn

an den Zellen dieser Organe sind bisher solche Erscheinungen allein wahrgenommen worden — charakteristischen Weise. Es soll darauf später näher eingegangen werden.

Die Speicheldrüsen.

§ 105. An manchen Speicheldrüsen der Säugetiere, zu deren Beschreibung wir nun übergehen, trifft man insofern eine Abweichung des Verhaltens der sekretleeren Zelle von der im vorigen § gegebenen Schilderung, als dieselbe häufig das Drüsenlumen nicht erreicht. Sie wird vielmehr von der sekretgefüllten Zelle ganz an die Wand des Schlauches, an die Tunica propria, angedrückt und nimmt dadurch die Gestalt eines den sekretgefüllten Zellen aufliegenden Halbmondes an. In dieser Gestalt sind die Zellen seit langem als Giannuzzi'sche Halbmonde oder Randzellen bekannt. Verwandelt sich ihre Zellsubstanz in Sekret, so nehmen sie mehr Raum ein und drängen dadurch die nach Abgabe des Sekretes in das Drüsenlumen sich regenerierenden früheren sekretgefüllten Zellen ihrerseits bei Seite, sodass diese in völlig sekretleerem Zustande als Halbmonde der Wandung des Schlauches anliegen. Nicht alle Speicheldrüsen haben Randzellen (cfr. später).

Man hat die Unterschiede von sekretgefüllten und sekretleeren Zellen zuerst nach elektrischer Reizung der Drüsen kennen gelernt und nannte darum denjenigen Zustand der Drüsen, in welchen die sekretgefüllte Zelle vorherrscht, ungereizt, und den gegenteiligen gereizt. Es hatte sich nämlich ergeben, dass während der durch den elektrischen Strom bedingten vermehrten Drüsenthätigkeit die Zellen alle ihr Sekret abgeben und nach Aufhören des Reizes sekretleer erscheinen.

Hauptsächlich sezernierend thätig sind die untersten Abschnitte der Schläuche, d. h. die blinden Endigungen und deren benachbarten Partieen. Hier ist ein cylindrisches Epithel vorhanden; dann folgt ein Abschnitt mit mehr plattem oder kubischem Epithel, das Schaltstück; dies setzt sich in das Speichelrohr fort, einen Abschnitt des Drüsenschlauches, dessen hohe, cylindrische Epithelzellen an ihrer Basis eine Längsstreifung erkennen lassen und wahrscheinlich die in den Sekreten vorhandenen Salze produzieren. Die Speichelröhren sammeln sich in den gemeinsamen Ausführungsgang, der nach neueren Untersuchungen bei den grossen Speicheldrüsen des Menschen ein geschichtetes Cylinderepithel besitzen soll. Die Schaltstücke



Figur 136.
Speichelrohr aus der Submaxillaris des Hundes im Querschnitt.
s = Streifung der Zellen.

sind nicht immer deutlich ausgebildet. An den kleinen in die Organe und Schleimhäute eingebetteten Drüsen ist nur der Ausführungsgang und der sezernierende Abschnitt zu unterscheiden.

§ 106. Die grossen Speicheldrüsen der Säugetiere — Glandula parotis, submaxillaris, sublingualis und das Pankreas — sondern Sekrete ab, die chemisch von einander different sind. Nach den Untersuchungen von Heidenhain ist das Sekret der einen reich an Eiweiss, man nennt dieselben daher Eiweissdrüsen oder seröse Drüsen; hierher gehören das Pankreas, die Parotis des Menschen, des Kaninchens, der Katze und des Hundes und die Submaxillaris des Kaninchens. Andere Drüsen sezernieren Mucin, sie heissen deswegen Mucindrüsen oder Schleimdrüsen, dazu sind zu rechnen die Sublingualis von Mensch, Kaninchen, Hund und Katze und die Submaxillaris von Hund und Katze. Die dritte Art der Drüsen endlich sondert sowohl Eiweiss als auch Mucin ab, sie sind gemischte Drüsen; das sind die Glandula submaxillaris des Menschen, der Affen, des Meerschweinchens und der Maus.

In mikroskopischen Präparaten kann man diese chemische Differenz sehr leicht zur Anschauung bringen, wenn man die Schnitte in geeigneter Weise färbt. Das Mucin hat, wie ich zuerst nachgewiesen habe, eine grosse Affinität zu den basischen Anilinen und, wie dies seit langem bekannt, zu dem Alaunhämatoxylin. Sind in einem drüsigen Organe mucinhaltige Zellen vorhanden, so färben sich dieselben in Hämatoxylin intensiv veilchenblau, namentlich wenn man es in einer Doppelfärbung, z. B. Orange-Hämatoxylin oder Eosin-Hämatoxylin, anwendet. Ebenso tingieren sich Mucinzellen ausserordentlich intensiv in basischen Anilinen, namentlich ist hier das Bismarckbraun (Vesuvin) ein fast suveränes Reagens auf Mucin. Die Zellen werden in diesem Farbstoffe so intensiv dunkelschwarzbraun, dass sie dadurch erstens das mikroskopische Bild beherrschen und dass zweitens an ihnen in Folge der Intensität der Färbung anderes Detail nicht wahrzunehmen ist.

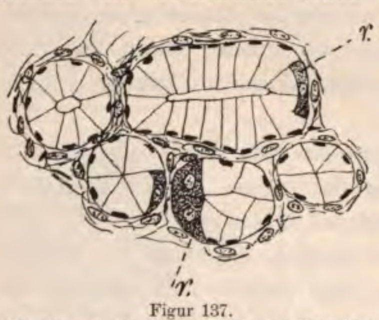
Ganz entgegengesetzt verhalten sich die Eiweissdrüsen und, wie hier hinzugefügt werden mag, die Giftdrüsen, die wir in grosser Zahl in der Haut der Amphibien und bei Mollusken antreffen. Die Zellen dieser Organe weisen alle diejenigen Farbstoffe ab, welche die Mucinzellen begierig aufnehmen, und färben sich intensiv mit denen, welche bei Mucinzellen unwirksam sind. Basische Aniline geben daher bei solchen Drüsen reine Kerntinktionen, während nach Anwendung von Orange-Hämatoxylin oder Eosin-Hämatoxylin die Zelle eine intensiv gelbe bez. rote Farbe angenommen hat, um so

intensiver je weiter die Umwandlung der Zellsubstanz zu Sekret vorgeschritten ist. Das Hämatoxylin färbt bei den genannten Kombinationen ausschliesslich die Kerne.

Zum Detailstudium der Mucin- und Eiweissdrüsen sind daher Farbstoffe am besten zu verwenden, welche nur den Kern angreifen. Da erkennt man denn einen fundamentalen Unterschied im Aussehen der sekretgefüllten Zellen beider Drüsenarten. Die Mucin haltige Zelle erscheint ganz durchsichtig und leicht glänzend, in dem vom Sekrete eingenommenen Teile ist eine Struktur bei gut fixiertem Materiale nicht zu sehen. Die vielfach beschriebenen netzförmigen Zeichnungen in solchen Drüsenzellen sind durchaus artefizieller Natur, sie stellen nichts weiter als ungleichmässige Gerinnungen des Zellinhaltes dar. Die Eiweiss haltige Zelle erscheint meist grob gekörnt, d. h. ihr Sekretinhalt besteht aus zahlreichen, dicht gedrängt stehenden Tropfen, die sich durch gegenseitigen Druck häufig abgeplattet haben.

§ 107. Die Speicheldrüsen sind, wie aus dem früher gegebenen Schema hervorgeht, lobäre, zusammengesetzte tubulöse Drüsen. Wir haben vom Ausführungsgange ausgehende, reich verzweigte tubulöse Gangsysteme, die zu mehreren zu einem Lobulus durch Bindegewebe vereinigt sind; mehrere Lobuli bilden, wiederum durch Bindegewebe zusammengefasst, die einzelnen Lobi und letztere sind von der gemeinsamen, aus lockerem Bindegewebe bestehenden Kapsel zusammengehalten. (Acini, d. h. traubige Erweiterungen am Ende des Drüsenschlauches, sind nicht vorhanden.) Im Speziellen ist über die einzelnen grossen Speicheldrüsen Folgendes zu sagen.

Die Mucindrüsen haben in den einzelnen Gangsystemen sekretgefüllte, das mikroskopische Bild beherrschende Zellen, denen seitlich die Giannuzzi'schen Halbmonde aufliegen. Letztere, die sekretleeren Zellen sind zart granuliert und sehen dadurch trübe aus im Gegensatze zu den hellen, etwas glänzenden sekretgefüllten Zellen. Das Epithel der sezernierenden Schlauchteile geht in das mehr kubische der Schaltstücke über, auf welches das cylindrische, längsgestreifte der Speichelröhren folgt. Letztere setzen sich in den Hauptausführungsgang fort.



Figur 137.
Schnitt von der Submaxillaris des Hundes.
r = Randzellen.

Schaltstücke und Speichelröhren finden sich auch in den Eiweissdrüsen, nur die Bauchspeicheldrüse hat keine Speichelröhren.

Ein Unterschied von den Mucindrüsen besteht darin, dass sich hier Halbmonde nicht vorfinden. In einem Lobulus eines Hundepankreas, dessen Gänge teils quer, teils schräg, teils tangential geschnitten sind, sieht man deutlich die einzelnen Stadien des Sekretionsprozesses. Die sekretleeren Zellen (cfr. Figur 138) sind dunkelgranuliert, die sekretgefüllten hell. Je nachdem die Umwandlung der Zellsubstanz in Sekret vom freien zum basalen Ende der Zelle vorgeschritten ist, ist die dunklere Beschaffenheit der Zelle von der helleren verdrängt. (Dunkel und hell sind Ausdrücke, die sich nach dem Verhalten der zelligen Elemente in Farbstoffen richten. Die beigegebene Figur 138 und die auf derselben basierende Schilderung richtet sich nach einem Präparate, das mit Alaunkarmin gefärbt war.) Die basalsten Abschnitte der Zellen, wo noch unveränderte, den Kern enthaltende Zellsubstanz vorhanden ist — nur sehr selten trifft man den Kern in dem sekrethaltigen Zellabschnitte — haben häufig das Aussehen eines Halbmondes, der seine Konkavität dem Sekret, seine Konvexität der Membrana propria zukehrt. Das sind aber nicht die Halbmonde der Mucindrüsen, denn diese sind ganze Zellen, jene nur Zellteile. Wenn in manchen Zellen die Kerne hier in der Figur nicht zu sehen sind, so hängt dies, wie ohne weiteres klar ist, mit der Schnittrichtung zusammen.



Figur 138.
Lobulus eines Pankreas vom Hunde.

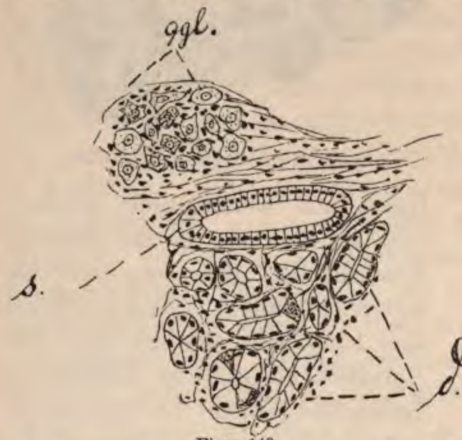
Figur 139.
Schnitt durch die Parotis des Pferdes.

Die Blutgefässe bilden ein die Drüsenschläuche umspinnendes Capillarnetz von rundlichen Maschen. Die Lymphgefässe liegen im Bindegewebe.

Die Nervenverteilung in den Speicheldrüsen ist noch nicht endgiltig klar gestellt. Die Angabe von Pflüger, dass markhaltige Nervenfasern bis an die Drüsenzelle herantreten, hat sich nicht als stichhaltig erwiesen, wenigstens ist es keinem Nachuntersucher je

geglückt, die von Pflüger beschriebenen Bilder wiederzusehen. Die mit den neueren Methoden der Nervendarstellung gewonnenen Resultate (Chromsilber nach Golgi, Methylenblau nach Ehrlich), die meines Erachtens einer gründlichen Revision bedürfen, lehren, dass ein feines Netz aus Nervenfibrillen die sezernierenden Schlauchabschnitte umspinnt.

Etwas mehr als von den Nervenenden an den Schläuchen wissen wir von der gröberen Verteilung, insofern es bekannt ist und relativ leicht jederzeit bestätigt werden kann, dass im interstitiellen Gewebe gangliöse Anhäufungen liegen. Das sind Nester von Ganglienzellen, welch letztere teils unipolar, teils multipolar erscheinen. Im interstitiellen Gewebe des Pankreas sind ferner Tastkörper, und zwar Vater'sche Körper (cfr. Nervensystem), nachgewiesen worden.



Figur 140.
Schnitt durch die Submaxillaris eines jungen Hundes. d = Drüsengänge; s = Speichelrohr; ggl = Ganglienzellenanhäufung.

Die Leber.

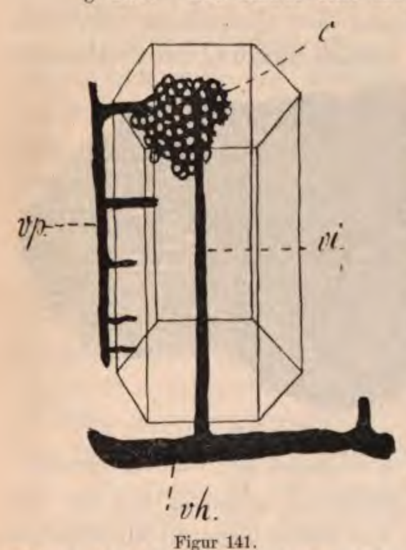
§ 108. Nächst der Milz gehört die Leber, deren Sekret die Galle ist, zu denjenigen Organen des Körpers, deren Aufbau dem Verständnisse die grössten Schwierigkeiten darbietet. Die Leber ist eine zusammengesetzte, tubulöse, lobuläre Drüse, so sagt das Flemming'sche Schema; doch ist es kaum möglich, beim Menschen diesen Bau genau zu erkennen, während bei Säugern und den Amphibien die Verhältnisse klarer liegen. Am besten entspricht noch die von Reichert vor längerer Zeit gegebene Definition den thatsächlichen Verhältnissen: „Die Leber ist ein kavernöses Drüsenhöhlensystem.“ Sehen wir davon ab, dass der Ausdruck kavernöses Höhlensystem ein Pleonasmus ist, so soll die Definition besagen: es sind kavernöse Räume verschiedener Grösse vorhanden, welche von den Blutgefässen gebildet werden, und in diesen Räumen liegen die Drüsenepithelien.

Bei einzelnen Säugern sind die Lobuli, auch Leberinseln genannt, durch mehr oder weniger reichliches interlobuläres Gewebe von einander getrennt. Man kann sich die Gestalt derselben aus einer grösseren Schnittserie rekonstruieren und findet dann, dass sie verschieden grosse, vier- oder vieleckige Säulen darstellen. Sie liegen

nicht alle in der gleichen Richtung im Organ, vielmehr sind sie in den verschiedensten Richtungen geneigt, so wie es der Raum gestattet oder verlangt. Das Bild, welches ein Durchschnitt durch eine solche Leber bietet, ist daher ein ungemein wechselndes, da man die einzelnen Lobuli in der verschiedensten Weise geschnitten antrifft. Bei anderen Säugern und beim Menschen ist eine bindegewebige Abgrenzung der Lobuli nie deutlich ausgeprägt, die einzelnen gehen in einander über und nur die Anordnung der Blutgefässe macht den Bau etwas klarer. Auf diese Lebern passt vortrefflich die Reichert'sche Definition. An kadaverös veränderten Lebern kann man beim Menschen den lobulären Bau des Organes insofern makroskopisch erkennen, als die peripheren Teile eines jeden Lobulus mehr graubraun oder grau, die centralen braunrot oder dunkelrot erscheinen und als ferner die das Leberparenchym durchsetzenden Züge der bindegewebigen Umhüllung, der Glisson'schen Kapsel, sich deutlich abheben. Im mikroskopischen Schnitte aber verschwindet die Differenz, die lediglich eine Folge der ungleichen Blutverteilung ist.

Wollen wir den feineren Bau der Leber uns klar zu machen versuchen, so müssen wir zuerst die Vascularisation derselben näher betrachten und können erst dann auf die sezernierenden Epithelien eingehen.

§ 109. Die Leber hat drei Hauptgefässe, die Arteria hepatica, die Vena hepatica und die Vena portarum. Die Arteria hepatica führt das Blut zu, welches die Ernährung des Organes vermittelt, die Vena portarum führt ebenfalls Blut zum Organe hinzu, sich dadurch von allen übrigen Venen des Körpers auf das schärfste unterscheidend, aus welchem die Drüsenzellen das Sekret, die Galle, bereiten, während die Vena hepatica das Blut aus den Capillaren sammelt und aus dem Organe herausführt. Das Verhältnis der einzelnen Lobuli zu den Gefässen ist nun ein ganz konstantes: jeder Lobulus, der ein schmales, polyedrisches Säulchen darstellt, steht mit seiner Basis auf einem Zweige der Vena hepatica auf, welcher



Figur 141.
Schema der Gefässanordnung in einem Leberläppchen. vp = Vena portarum; c = Capillaren; vi = Vas intralobulare; vh = Vena hepatica.

Zweig Vena sublobularis genannt wird. Von diesem Zweige steigt aufwärts oder richtiger in diesen Zweig mündet ein venöses Stämmchen, welches genau im Centrum oder in der Axe des Lobulus verläuft und daher Vena centralis oder Vas intralobulare genannt wird. Dieses Centralgefäss ensteht aus dem Zusammenfluss der im Lobulus vorhandenen Capillaren. Diese bilden sich durch Auflösung der Vena portarum und zwar in folgender Weise: Die Äste der Vena portarum laufen in den Fortsetzungen der Glissonschen Kapsel, also im interlobulären Bindegewebe, und heissen deswegen Venae interlobulares. An der Peripherie eines jeden Leberläppchens lösen sie sich in Capillaren auf, welche in das Innere des Läppchens eindringen, sich in ausgiebigster Weise untereinander verbinden und so ein Netzwerk bilden, dessen meist ovale Maschen radiär gegen das Vas intralobulare orientiert sind.

Die Arteria hepatica, die wie die Vena portarum und in Begleitung derselben und wie die grösseren Äste der Vena hepatica interlobulär verläuft — alle diese Gefässe begreift man daher mit Fug unter dem Sammelnamen Vasa interlobularia — ernährt die Wandungen der Pfortader und der grösseren Gallengänge und löst sich in Capillaren auf, welche in die Capillaren der Vena portarum übergehen.

Das vorstehend geschilderte Verhalten der Gefässe gestaltet sich für die mikroskopische Betrachtung auf Querschnitten demgemäss derart, dass in der Mitte des Lobulus der Querschnitt der Vena centralis gelegen ist, auf welche in radiärer Richtung das Capillarnetz der Pfortader zustrebt. Längsschnitte durch einen Lobulus zeigen uns die Vena centralis als längsgetroffenes Gefäss in der Mitte gelegen und in sie münden unter rechtem Winkel die Capillaren ein, deren Maschennetz bei beiden Schnittrichtungen das gleiche Aussehen darbietet.



Figur 142.
Capillarnetz aus der Leber des Eichhörnchens.
(Links ist das Vas intralobulare quer, rechts längs getroffen).

Beim Menschen liegen die Verhältnisse genau so wie bei den anderen Säugetieren, nur dass hier, wie bereits bemerkt, die lobuläre Abgrenzung undeutlich ist und daher die einzelnen Capillarbezirke fast kontinuierlich ineinander übergehen.

§ 110. Wenden wir uns nun zu den sezernierenden Epithel-

zellen. Dieselben liegen in den Maschen des von den Capillaren der Vena portarum gebildeten Gefässnetzes. Es beherbergt eine solche Masche bei den Säugern eine, zwei, zuweilen auch drei Zellen, bei Amphibien, deren Leber eine lymphatische Randschicht besitzt, die besonders deutlich bei den Urodelen entwickelt ist, sind auch noch mehr Zellen in einer Masche vorhanden. Durch diese Anordnung ist die ausgiebigste Berührung der sezernierenden Leberzellen mit dem Pfortaderblute gewährleistet. Die radiäre Richtung der Capillaren bedingt auch eine radiäre Anordnung der Zellen, sodass dadurch das Querschnittsbild des Lobulus einer Säugetierleber ein ganz charakteristisches Aussehen erlangt.



Figur 143.
Schnitt aus der Kaninchenleber, in dem die Zellen hervortreten, v = Vas intralobulare; c = Capillaren.

Die Leberzellen sind nackte Epithelzellen von polyedrischer, sehr unregelmässiger Gestalt, deren Zellsubstanz granuliert ist und einen oder auch zwei Kerne enthält. Bei Amphibien sind zuweilen die Zellen an einer Fläche abgerundet. In den Leberzellen findet sich unter normalen wie pathologischen Verhältnissen bei Säugern Fett, das in Form zartester Körnchen oder auch mehr oder weniger grosser Tropfen vorhanden sein kann. Besonders fettreich ist die Leber der Fische.

In den Leberläppchen, so lautet der gewöhnliche Ausdruck, finden sich noch die Anfänge der Gallengänge, die sogenannten Gallencapillaren. Es hat diese Ausdrucksweise ungefähr denselben Sinn, wie wenn man sagen wollte: an den blinden Enden der tubulösen Drüsen sind die Anfänge der Speichelgänge vorhanden; es ist also diese Ausdrucksweise gänzlich verfehlt. Einer der unglücklichsten Termini ist ferner der Ausdruck „Gallencapillaren", weil durch denselben einmal eine ganz falsche Vorstellung erweckt wird und dann weil derselbe geeignet ist, das Verständnis des Leberbaues geradezu unmöglich zu machen. Es fällt keinem Histologen ein, die Lumina in den letzten Enden der Speicheldrüsentubuli als „Speichelcapillaren" zu bezeichnen, aber ebensowenig dürfen dann die feinsten Verzweigungen des Lebertubulus „Gallencapillaren" genannt werden.

Die Leber ist eine zusammengesetzte tubulöse Drüse, d. h. der Stammtubulus oder Ausführungsgang — Ductus hepaticus — teilt sich in zahlreiche Zweige, deren Lumen immer feiner wird und deren epithelialer Belag an den feinsten Ramifikationen einen spezifischen Charakter, den des Drüsenepithels, erlangt, das sich durch

seine besondere Beschaffenheit von dem den nicht sezernierenden Teil des tubulösen Gangsystemes auskleidenden cylindrischen Epithel auf das schärfste unterscheidet. Was man „Gallencapillare" nennt, ist also nur das allerdings capilläre Lumen des Drüsenganges und es hat daher gar nichts Wunderbares, wenn die Drüsenzellen, die epitheliale Auskleidung dieses Ganges, demselben direkt anliegen, ohne dass zwischen ihnen und dem Lumen noch ein endotheliales Häutchen, die eigene Wand der Capillare, sich einschiebt. Eine solche Wandung ist nicht vorhanden — kein einziger stichhaltiger Beweis für die Existenz einer solchen ist bisher erbracht worden — eine eigene vom Drüsenepithel zu unterscheidende Wandung kann aber auch gar nicht vorhanden sein, da es sich eben nicht um eine Capillare, sondern um das Drüsenlumen handelt.

An der Thatsache, dass Drüsenlumina oder besser die Lumina des Gangsystems und keine Capillaren vorliegen, ändert auch nichts der Umstand, dass jede Zelle von den Verästelungen des Gangsystemes wie von einem Netze umsponnen ist. Dadurch ist das Verhältnis von Lumen und Zelle nur komplizierter geworden, aber nicht generisch verschieden von dem Verhalten aller übrigen Drüsen. Denken wir uns in einer Speicheldrüse das Lumen des Tubulus reich verzweigt, derart, dass kleine Seitenkanäle zwischen die einzelnen Zellen dringen und, da sie sich unter einander verbinden, diese umspinnen, so haben wir das Verhalten des Gangsystemes in der Leber vor uns. Mehrere Zellen umstehen ein Lumen, aber jede Zelle beteiligt sich an der Begrenzung mehrerer feinster Gänge.

Die Wandung der Gallencapillaren, so wurde vorhin gesagt, ist nie dargestellt, d. h. nie isoliert worden. Man hat dann die Wandung sich gedanklich so konstruiert, dass man einen feinen Saum an den Leberzellen annahm, eine Art Kutikularbildung, die die Wandung herstellen sollte. Eine Berechtigung für diese Deutung schien darin zu liegen, dass die Epithelzellen, welche die mit weiterem Lumen versehenen Zweige auskleiden, einen solchen Saum besitzen. Aber ebensowenig wie dieser Saum als Wandung eines weiteren Gallenganges betrachtet werden darf, ebensowenig kann jener nicht einmal überall vorhandene Saum der Leberzellen als Capillarwand gedeutet werden. Ich meine daher, dass wir den Ausdruck „Gallencapillare" ganz aus unserer Terminologie ausmerzen müssen, weil er gänzlich verfehlt, ohne jeden Sinn ist.

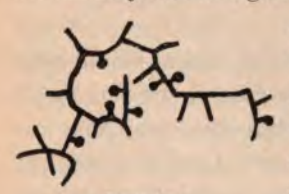
Die feinsten Drüsenlumina treten nie in Berührung mit einer Capillare, sondern sind von derselben stets durch den Durchmesser mindestens einer Zelle getrennt.

Das Lumen der Drüse ist zwischen den sezernierenden Zellen also ein sehr enges, es hat meist kreisrunde Begrenzung und die Leberzellen sind an demselben etwas eingebuchtet. Zuweilen (beim Menschen ist das bisher am besten beobachtet worden) geht von dem Lumen ein feiner Kanal in die Leberzelle hinein, der sich hier beerenförmig erweitert; diese Erweiterungen sind die Kupffer'schen Sekretvakuolen. Das Lumen der Drüse wird allmählig weiter, das Epithel zugleich indifferent, wir haben jetzt die sogenannten Gallengänge — ebenfalls ein unglücklicher Ausdruck, für den man besser die Bezeichnung ausführende Gänge substituieren könnte — vor uns, die innen mit cylindrischem Epithel bekleidet sind, stets interlobulär verlaufen und sich nach und nach zum Ductus hepaticus vereinigen.



Figur 144.
Vier Leberzellen um ein Lumen kreisförmig angeordnet, vom Axolotl.

Figur 145.
Schnitt durch die Leber von Salamandra maculosa; d_1 = längsgeschnittene, d_2 = quergeschnittene Drüsenlumina; p = Pigment.



Figur 146.
Drüsengänge aus der Leber des Menschen mit den Kupffer'schen Sekretvakuolen; nach Oppel.

§ 111. Es erübrigt noch die Beschreibung des Bindegewebes, welches als Stroma die Zellen stützt. An Schüttel- oder Pinselpräparaten sieht man nach Entfernung der Drüsenzellen ein bindegewebiges Gerüst aus feinen Fäden, an denen sternförmige Zellen hie und da vorkommen, die Kupffer'schen Sternzellen. Die Bindegewebsfasern stellen ein feines Gitterwerk dar und heissen deswegen Gitterfasern. Sie umspinnen ferner die Blut- und Lymphgefässe und zeigen ganz die radiäre Anordnung wie die Capillaren der Pfortader. Man kann an ihnen zwei Arten unterscheiden; die eine wird durch dickere Fasern repräsentiert, welche vom interlobulären Gewebe, der Fortsetzung der Glisson'schen Kapsel, entspringen, und streng radiär gerichtet sind; sie sind die Radiärfasern nach Kupffer. Von ihnen gehen feine, ein überaus zartes Netz durch Verflechtung bildende Fasern aus, welche die Blut- und Lymphgefässe umspinnen; dies sind die umspinnenden Fasern nach Oppel.

Die eben erwähnten Lymphgefässe der Leber bilden unter der Glisson'schen Kapsel ein die Oberfläche der Leber überziehendes Netzwerk und dringen mit der Kapsel in das Innere ein, um hier die Capillaren zu umgeben.

Die ausführenden Gänge, die sogenannten Gallengänge, haben ein bei der Sekretion nicht beteiligtes Cylinderepithel, dessen freie Fläche mit einem kutikularen Saume bedeckt ist. Die Wand hat longitudinal und circulär verlaufende Muskelfasern, die im sezernierenden Drüsenabschnitte selbstverständlich fehlen. Die ausführenden Gänge enthalten kleine schlauchförmige Schleimdrüsen.

Wie die ausführenden Gänge ist auch die den meisten Säugern zukommende Gallenblase gebaut.

Die Nerven, welche in Begleitung der Arteria hepatica in die Leber eintreten, enden hier in noch unbekannter Weise.

D. Harnsystem.

§ 112. Das Harnsystem besteht aus den Harn bereitenden Organen und den ausführenden Wegen; die ersteren werden durch die paarigen Nieren dargestellt, diese bestehen aus den Nierenkelchen, dem Nierenbecken mit den Harnleitern (Ureteren), der Harnblase und der Harnröhre. Es soll zunächst der feinere Bau der Nieren, dann der der Harnwege beschrieben werden.

Die Nieren.

Die Säugetiernieren sind bohnenförmige Organe, deren konkaver Rand, der Hilus renis, an welchem die Gefässstämme und Harnwege sich finden, nach innen, der Medianlinie zugekehrt ist, während der konvexe Rand nach aussen gerichtet ist. Embryonal besteht die Niere aller Säuger aus einzelnen Läppchen oder Lobuli, die hier Renculi genannt werden. Die Renculi bleiben entweder dauernd erhalten, also auch postembryonal, so z. B. beim Schweine, oder sie verwachsen mit einander, doch so, dass die Oberfläche der Niere uneben, höckerig ist, dadurch das ursprüngliche Verhältnis andeutend, oder die Verwachsung ist eine so vollkommene, dass die Nieren glatt sind und äusserlich nichts mehr auf den embryonalen Zustand hindeutet. Im Innern aber ist bei vielen Säugern die Trennung noch ausgesprochen, bei anderen hingegen auch hier verschwunden. Die einen jeden Renculus zusammensetzenden Kanäle, die wir später noch kennen lernen werden, münden alle an einer Stelle, der Papilla renalis; man sieht daher soviel Papillen auf

einem Durchschnitte durch eine Niere, wie Renculi vorhanden sind. Bei manchen Tieren verwachsen aber auch die Papillen, so dass deren weniger vorhanden sind, als Renculi, und die Verwachsung kann schliesslich so weit gehen, dass nur eine einzige Papille vorhanden ist. Dies letztere ist der Fall bei manchen Primaten, manchen Carnivoren, den Nagern, Edentaten und Marsupialien.

Auf einem Längsschnitte durch eine Niere, der zugleich den konkaven und konvexen Rand getroffen hat, erkennt man schon mit blossem Auge eine deutliche Zweischichtung des Nierenparenchyms. Man sieht eine schmale Rindensubstanz, Substantia corticalis oder Cortex renis, und eine breite Marksubstanz, Substantia medullaris. Die Rinde umgiebt halbkreisförmig die Marksubstanz, welche in die einzelnen Papillae renales konisch zuläuft. Zwischen diese Markkegel erstreckt sich etwas Rindensubstanz säulenförmig hinein; diese Partieen werden Columnae Bertini genannt.

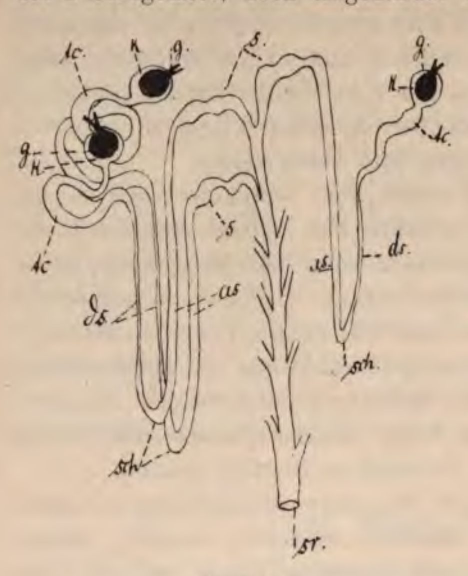
Umschlossen ist die Rinde von einer bindegewebigen Kapsel, der Tunica fibrosa, welche aus zwei Schichten besteht. Aussen liegt dem Organe dann noch eine fettreiche Hülle auf, die man Tunica adiposa nennt.

Genauere Betrachtung der Rinde lehrt ein streifiges Aussehen derselben kennen, das durch abwechselnde rote und grau durchscheinende, radiär gerichtete Züge hervorgerufen wird. Die letzteren sind eine Fortsetzung des ebenfalls streifigen Markes, die ersteren beherbergen Gebilde, die bei starker Blutfülle des Organes als rote Pünktchen sichtbar sind; dieselben heissen Malpighi'sche Körperchen oder Glomeruli.

Histologisch gehören die Nieren zu den zusammengesetzten tubulösen lobären Drüsen, doch ist die Anordnung in Lobuli und Lobi durch die eingangs dieses Abschnittes erwähnten Verwachsungen der Renculi, welche als Lobi betrachtet werden können, eine undeutliche geworden. Die tubulösen Gangsysteme zeigen mannigfache Durchschlingungen, zu deren Entwirrung es eingreifender Untersuchungsmethoden bedarf. Wollen wir zu einem Verständnisse des Nierenbaues gelangen, so dürfte es am richtigsten sein, die von den Nieren gelieferte Flüssigkeit, den Harn, der nicht bloss ein Filtrat ist, wie man früher annahm, sondern an dessen Aussonderung sich die Nierenepithelien auch aktiv, d. h. sezernierend beteiligen, von seiner Entstehung bis zu seinem Austritte aus der Niere in das Nierenbecken zu begleiten.

§ 113. Erwähnt wurden bereits die sogenannten Glomeruli der Niere, das sind Capillarschlingen, deren später, bei Behandlung

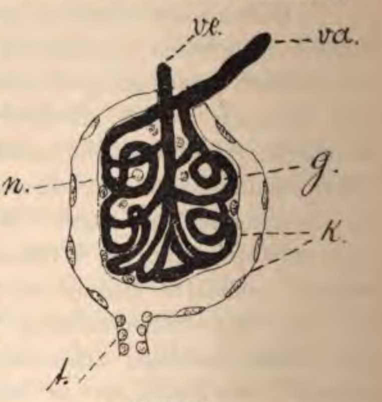
der Nierengefässe, noch eingehender zu gedenken sein wird. Diese Gebilde stülpen bei ihrer Entstehung die blinden, leicht bauchig erweiterten Enden der tubulösen Gangsysteme der Nieren ein, welche Enden jene Glomeruli nunmehr kapselartig umhüllen. Diese Kapseln, Müller'sche oder Bowman-sche Kapseln genannt, die an der Stelle, wo die Gefässe zu den Glomerulis treten bez. von ihnen abgehen, durchbohrt sind, sind die Bildungsstätte des Harns. Von hier fliesst der letztere durch die Tubuli contorti in den absteigenden Schenkel der Henle'schen Schleifen, von da durch deren aufsteigende Schenkel und das Schaltstück in die Tubuli recti oder Sammelröhren und tritt aus denselben an der Papillenspitze in das Nierenbecken und damit in die ausführenden Wege. Betrachten wir die genannten Teile einzeln näher.



Figur 147.
Schema der Harnkanälchen.
g = Glomerulus; *k* = Kapsel; *tc* = Tubulus contortus; *ds* = absteigender Schenkel der Henle'schen Schleife: *sch*; *as* = aufsteigender Schenkel derselben; *s* = Schaltstück; *sr* = Sammelrohr.

Die Bowman'schen Kapseln, welche die meist kugelig gestalteten Glomeruli umhüllen, haben an ihrer Innenfläche einen zarten Endothelbelag, verhalten sich also wesentlich anders wie die Endabschnitte sezernierender Drüsen. Aussen ist die dünne Wandung der Kapseln ebenfalls von einem platten, einschichtigen Epithel bedeckt.

Meist oder wohl immer an der dem Eintritte der Gefässe in den Glomerulus gegenüberliegenden Stelle geht die Kapsel durch eine halsartige Verengerung in einen vielfach gewundenen Abschnitt des Tubulus über, welchen Abschnitt man Tubulus



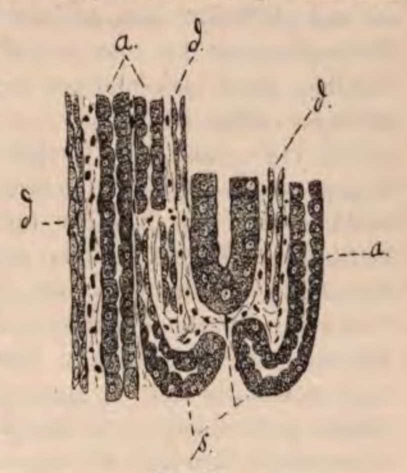
Figur 148.
Glomerulus mit Bowman'scher Kapsel aus der Niere des Kaninchens.
va = Vas afferens; *ve* = Vas efferens; *g* = Gefässschlingen; *k* = Kapsel; *n* = Kerne; *t* = Tubulus. (Das Bild ist kombiniert.)

contortus nennt. Hier ist ein kubischer, körniger Epithelbelag vorhanden, der auf einer kernführenden Tunica propria aufsitzt. Die Epithelzellen der Tubuli contorti haben eine eigentümliche undurchsichtige Beschaffenheit, weshalb man sie als **trübe Epithelien** bezeichnet. Man sieht an ihnen ferner, wie dies zuerst **Heidenhain** nachgewiesen hat, einen stäbchenförmigen Zerfall desjenigen Abschnittes der Zellsubstanz, der vom Kern nicht eingenommen wird. (Einen solchen Zerfall trifft man auch an den Nieren wirbelloser Tiere, z. B. der Crustaceen). Das von den kubischen Zellen begrenzte Lumen ist ein sehr enges, viel enger als das Lumen der **Bowman**schen Kapsel. Diese letzteren sowie die Tubuli contorti kommen nur in der Rindensubstanz vor, deren alleräusserste Partie allerdings keine Glomeruli enthält.



Figur 149.
Tubuli contorti, in verschiedener Richtung geschnitten, aus der Niere eines **jungen Hundes**.

Die Tubuli contorti gehen dann über in die **Henle'schen Schleifen**. Das geschieht in der Art, dass die gewundenen Kanälchen zunächst bei gleichbleibenden Lumen gerade werden und nach der Marksubstanz hinziehen. Hier verengert sich der Tubulus ganz ausserordentlich und bildet jetzt den **absteigenden Schenkel der Henle'schen** Schleife. In der Marksubstanz biegt der Tubulus rindenwärts um — das ist eben die Schleife — und wird zum **aufsteigenden Schenkel**, dessen Lumen erheblich weiter ist. Das Epithel des absteigenden Schenkels besteht aus dünnen, flachen Zellen, die fast an Gefässendothel erinnern, das des aufsteigenden dagegen nimmt wieder den Charakter an, welchen das Epithel der Tubuli contorti besitzt.



Figur 150.
Henle'sche Schleifen aus der Niere eines **jungen Hundes**.
s = Schleife; *d* = absteigende; *a* = aufsteigende Schenkel derselben.

In der Rinde, bald mehr der Marksubstanz genähert bald entfernter von derselben, je nachdem die Schleife tiefer abwärts in der Marksubstanz oder in höheren Partieen derselben sich befand, geht der

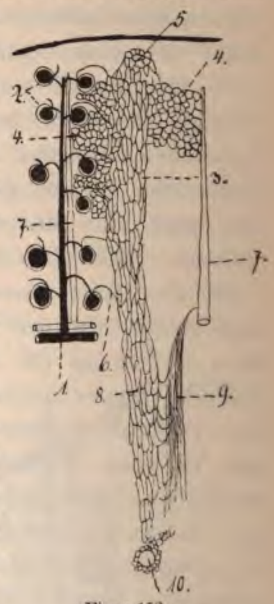
aufsteigende Schenkel in einen gewundenen, weiteren Schlauchteil über, den man **Schaltstück** nennt. Das Epithel desselben, das hier wie überall von den Tubuli contorti ab auf einer Membrana propria aufsitzt, zeigt die gleiche Beschaffenheit, wie das des aufsteigenden Schenkels.

Das Schaltstück geht in die **Sammelröhren** über, welche in gerader Richtung zur Papille ziehen und deswegen **Tubuli recti** genannt werden. Die zunächst schmalen Sammelröhren, im Anfange in der Rinde dann in der Marksubstanz gelegen, münden unter sehr spitzem Winkel in Röhren von immer weiteren Kaliber ein; dadurch wird die Zahl derselben immer geringer, sodass schliesslich in jeder Papille 10 bis 30 Stämme, die **Ductus papillares**, vorhanden sind, in welche die tubulösen Gangsysteme sich vereinigt haben. Die Sammelröhren bilden in der Rindensubstanz gewissermaassen Faserbündel und heissen **Markstrahlen**. In den Sammelröhren besteht das Epithel aus niedrigen Cylinderzellen, die Röhren haben eine Tunica propria, die aber in der Papille fehlt und hier durch das bindegewebige Gerüst der letzteren ersetzt wird.



Figur 151.
Sammelröhren aus der Marksubstanz der Niere des erwachsenen Hundes (Querschnitt).

§ 114. Aus den vorstehenden Erörterungen dürfte eine hinreichend klare Vorstellung über den Bau der tubulösen Gangsysteme der Nieren gebildet werden können. Betrachten wir nunmehr die Gefässe, deren Verteilung für die Funktion der Nieren von hervorragender Bedeutung ist. Hierbei erscheint es zweckmässig den umgekehrten Gang wie vorhin zu verfolgen, erst mit den am Hilus eintretenden Arterien zu beginnen und diese in ihren Ramifikationen bis zu den Venen und von da zum Hilus zurückzubegleiten.



Figur 152.
Schema der Blutgefässverteilung in der Säugetierniere.
1 = Arterie; *2* = Glomeruli; *3* = Capillaren der Tubuli recti; *4* = Capillaren der Tubuli contorti; *5* = Stellula Verheyenii; *6* = Vas efferens eines tiefgelegenen Glomerulus; *7* = Vene; *8* = Capillarnetz der tiefgelegenen Vasa efferentia im Marke; *9* = Venen des Markes; *10* = Capillaren der Papillen.

Die **Arterien**, welche am Hilus ausserhalb der noch zu erwähnenden Nierenkelche in das Nierenparenchym eintreten, ziehen zwischen den Markpyramiden bis zu den breiten Basen derselben, die an der Grenze zwischen Rinde

und Mark gelegen sind. Hier bilden sie die Arcus arteriosi, aus denen senkrecht zur Rinde Äste aufsteigen, die sogenannten Arteriae ascendentes. Aus diesen Arterien entspringen reichlich kleine Gefässe, welche nach den Bowman'schen Kapseln sich begeben und hier sich in die knäuelförmig umeinander gewundenen Capillaren des Glomerulus auflösen; diese die Glomeruli bildenden Arterien heissen Vasa afferentia. Dicht neben einem jeden Vas efferens tritt das aus dem Capillarknäuel entstandene ausführende Blutgefäss, das Vas efferens, aus der Bowman'schen Kapsel heraus. Die Vasa efferentia, welche stets ein kleineres Lumen als die afferentia besitzen, gehen zum Markstrahle. Der Glomerulus hängt also am Vas afferens wie die Beere an ihrem Stiele. Der zwischen je zwei Arteriae ascendentes gelegene Abschnitt der Nieren kann als Lobulus, also als sezernierende Einheit, gedeutet werden, da die zu den betreffenden Glomerulis gehörigen Tubuli contorti in die Tubuli recti des Markstrahles sämtlich übergehen, so gewissermaassen ein Gangsystem darstellend..

Wir haben die Gefässe bis zum Eintritte der Vasa efferentia in den Markstrahl verfolgt. Hier löst sich das noch arterielles Blut enthaltende V. efferens in Capillaren auf, welche mit schmalen, länglichen Maschen die Tubuli recti umspinnen; die Längsaxe der Maschen ist der Richtung der Tubuli parallel. Aus diesen Capillaren entstehen wiederum Capillaren, deren Lumen weiter ist als das derjenigen im Markstrahle und welche die Tubuli contorti mit rundlichen Maschen netzförmig umspinnen. Aus diesen nunmehr venösen Capillaren entstehen die abführenden Venen; in den oberflächlichsten Rindenpartieen sind die Wurzeln der Venen sternförmig gestaltet und heissen Stellulae Verheyenii. Die aus den Rindencapillaren zusammenfliessenden Venen verlaufen in der Begleitung der Arteriae ascendentes als Venae descendentes und können mit jenen, nach den obigen Ausführungen, als Vasa interlobularia zusammengefasst werden. Jede solche Vene geht in einen an der Grenze von Rinde und Mark neben dem arteriellen gelegenen venösen Bogen über, den Arcus venosus.

In der Grenzschicht zwischen Rinde und Mark bilden sich Gefässbüschel, welche den Sammelröhren der Marksubstanz entlang ziehen und Vasa recta genannt werden. Sie entstehen zu einem Teile aus den Vasa efferentia der am tiefsten, d. h. der Marksubstanz am nächsten gelegenen Glomeruli, zum anderen Teile stammen sie von kleinen Ästen der Arteriae ascendentes ab, die sich rückwärts direkt zur Marksubstanz umbiegen und hier auflösen. An den Spitzen

der Pyramiden, da wo die Harnkanäle ausmünden, bilden die Vasa recta ein zierliches Capillarnetz.

Als Arteriolae rectae bezeichnet man kleine arterielle Gefässe, welche aus den Arteriae ascendentes vor Abgang der Vasa afferentia sich abzweigen.

Aus den Arcus venosi, in die sich auch die Vasa recta schliesslich durch Vermittlung kleiner Venen einsenken, entstehen dann die sich zur Vena renalis vereinigenden Stämme, welche auf denselben Wegen das Nierenparenchym verlassen, auf denen die Arterien eintreten.

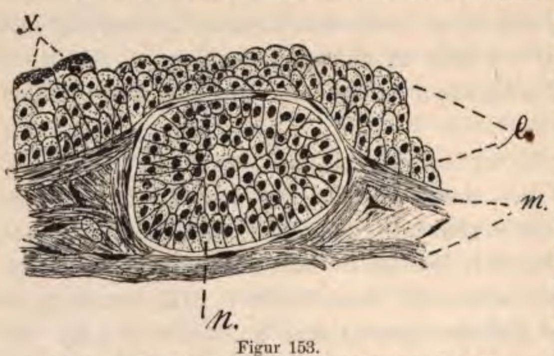
Die Lymphgefässe der Nieren, die in der inneren Schicht der Kapsel entstehen, bilden Gänge zwischen den Bowman'schen Kapseln, den Harnkanälchen und den Blutgefässen.

Die ausführenden Wege.

§ 115. Die Papillen der Marksubstanz öffnen sich in die Nierenkelche, Calyces renales, diese fliessen zum Nierenbecken, Pelvis renis, zusammen, das sich in den Harnleiter, Ureter, fortsetzt. Die beiden Ureteren gehen in die Harnblase, Vesica urinaria, und diese in die Harnröhre über, die Urethra. Letztere ist im männlichen Geschlechte an der Bildung des männlichen Gliedes, des Penis, beteiligt.

Die Nierenkelche und das Nierenbecken haben zu äusserst eine bindegewebige Schicht, auf welche glatte Muskelfasern folgen. Die letzteren, besonders stark im Nierenbecken entwickelt, sind mannichfach mit einander durchkreuzt. Die auf die Muskeln folgende Schleimhaut, die innerste Schicht, besteht aus einem geschichteten Plattenepithel, das man als Übergangsepithel bezeichnet. Die oberste, d. h. dem Lumen zugekehrte Lage dieses Epithels verhornt und löst sich in Folge dessen ab.

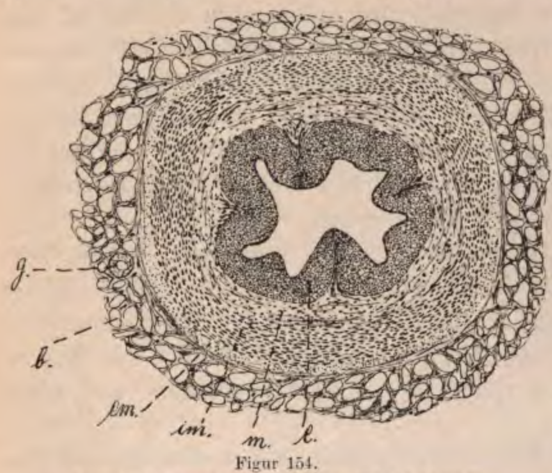
In dem Nierenbecken sind seit langem Gebilde bekannt, die man als Drüsen bezeichnet hat. Es sind Einstülpungen des Epithels in die Mucosa, deren Zellen den Charakter der Epithelzellen beibehalten haben. Ein Lumen fehlt diesen Gebilden entweder völlig oder ist in unregelmässiger, lückenhafter Ausbildung vorhanden.



Figur 153.
Schnitt aus der Blase des Menschen; nach v. Brunn.
e = Epithel, bei x verhornt; n = Zellnest; m = Muskelbündel.

Deswegen hat v. Brunn, der diese Dinge in jüngster Zeit beim Menschen genauer untersucht hat, völlig Recht, den Drüsencharakter derselben zu leugnen und sie als Epithelsprossen, wenn sie mit der Oberfläche den Zusammenhang behalten haben, oder als Epithelnester zu bezeichnen, wenn dieser Zusammenhang verloren gegangen ist. Solche Brunn'sche Epithelnester kommen übrigens ausser in den Nierenkelchen und im Nierenbecken auch im Ureter und in der Harnblase des Menschen vor.

Die Epithelauskleidung ist bei den Ureteren die gleiche wie im Nierenbecken, es ist also ein geschichtetes Pflasterepithel (Übergangsepithel) vorhanden. Die Muskulatur, die zwischen der Mucosa und der äusseren Bindegewebsschicht gelegen ist, besteht aus einer äusseren longitudinal und einer inneren circulär verlaufenden Faserschicht, zu der an den unteren Partieen noch eine innerste longitudinal verlaufende Muskellage hinzukommt.



Figur 154.
Querschnitt durch den Ureter des Kaninchens.
e = Epithel; *m* = Mucosa; *im* = innere, *em* = äussere Muskelschicht; *b* = Bindegewebe (fetthaltig); *g* = Gefäss.

Die Harnblase, in welche die Ureteren schräg einmünden, ist ein muskulöses rundliches Divertikel, dessen Schleimhaut der der übrigen ausführenden Harnwege gleicht. Die Muskulatur besteht aus Bündeln glatter Muskelfasern, welche sich in mannigfacher Weise durchkreuzen. Am Blasenhalse sind die Muskeln ringförmig angeordnet und bilden den Sphincter vesicae. Längs verlaufende Bündel, welche sich an der vorderen Fläche und am Scheitel der Harnblase finden, bezeichnet man in der deskriptiven Anatomie als Detrusor.

In der Blase hat man zwei Gruppen von Nerven zu unterscheiden; die eine wird durch die in der Substanz der Blase liegenden, die andere durch die hinzutretenden Nerven gebildet. In der Harnblase des Frosches und Salamanders — denn bei den Amphibien sind diese Verhältnisse hauptsächlich studiert worden —, wo marklose und markhaltige Fasern vorkommen, entsteht durch das

Aufeinandertreffen von eintretenden Nerven und vorhandenen Ganglienzellenhaufen ein Plexus, den man nach Ranvier Fundamentalplexus nennt. Aus diesem Plexus gehen Fasern ab, welche sekundäre Geflechte (Plexus) bilden. Der von dem einen Teile der Fasern gebildete sekundäre Plexus liegt in einer Ebene mit dem Capillarnetz und hat nach Bernheim sensible Fasern; von seinen Fasern wird dicht unter dem Epithel ein tertiärer sensibler Plexus gebildet. Der andere Teil der Fasern, der durch die Muskelschicht tritt, bildet einen sekundären motorischen Plexus. Kernlose variköse Fasern des letzteren, die als tertiäre Elemente aufzufassen sind, begeben sich zu den Muskelfasern. Die Endigung der motorischen Nerven ist nun nach Bernheim so, dass ein Teil der Endfibrillen (Terminalfibrillen) ungeteilt frei zwischen den Muskelzellen endet, während der andere Teil derselben sich gabelig spaltet und an den Muskelfasern so endet, dass jede Fibrille, die alle parallel mit der Längsaxe der Muskelzellen verlaufen, feine Ästchen senkrecht zur Muskelzelle abgiebt, die in die Nähe des Kerns gehen.

Die weibliche Harnröhre, welche sehr kurz ist, hat eine Schleimhaut, die Längsfalten und Papillen besitzt; das Epithel ist ein geschichtetes Plattenepithel. In der Schleimhaut liegen zahlreiche Schleimdrüsen, die sogenannten Littre'schen Drüsen. Die Muskelschicht, welche stark entwickelt ist, besteht aus längs- und querverlaufenden Fasern.

Die männliche Harnröhre, deren grob wahrnehmbare Einteilung in den Lehrbüchern über deskriptive Anatomie nachzulesen ist, hat in ihrem Anfangsteile Übergangsepithel, später cylindrisches Epithel. Die Schleimhaut, welche gefaltet ist, besitzt ebenfalls Littre'sche Drüsen, wenn auch in unentwickelter Form, und hat grubige Vertiefungen, die sogenannten Lacunae Morgagnii. Die Muskulatur der Schleimhaut verschwindet vom mittleren Teile ab.

E. Geschlechtssystem.

a) Weibliche Geschlechtsorgane.

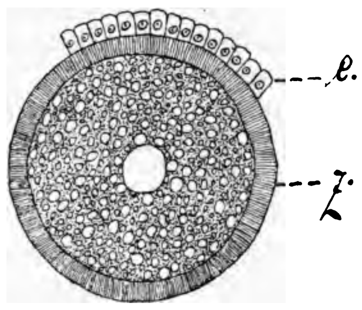
§ 116. Der weibliche Geschlechtsapparat besteht aus den die Keimzellen liefernden Organen und den Ausführungswegen; die ersteren sind die paarigen Ovaria oder Eierstöcke, die letzteren die paarigen Eileiter oder Tubae, die unpaare Gebärmutter oder der Uterus und die ebenfalls unpaare Scheide oder Vagina. Letztere führt zu den charakteristisch gestalteten äusseren Geschlechtsorganen. Ausserdem gehören zum Geschlechtsapparate der weib-

lichen Individuen aller Säugetiere besonders modifizierte und nur nach der Trächtigkeit in Funktion tretende Hautdrüsen, nämlich die Milchdrüsen. Als Anhang sollen dann noch der Mutterkuchen (Placenta) und die Eihüllen besprochen werden.

Die Eierstöcke, Ovaria.

Diese Organe liefern die Eier der Tiere, also jene Zellen, durch deren nach stattgehabter Befruchtung eintretende Teilung der neue tierische Organismus entsteht. Betrachten wir zunächst den Bau des Eies.

Das Ei ist eine typische Zelle von exquisit kugelförmiger Gestalt, die im reifen Zustande, d. h. wenn sie soweit herangewachsen ist, dass eine Vereinigung mit einem Samenfaden zur Befruchtung führt, beim Menschen einen Durchmesser von 0,2 mm besitzt und aus folgenden Teilen zusammengesetzt ist: aus der Membran, der Zellsubstanz und dem Kern mit dem Kernkörperchen. Die Membran, auch Zona pellucida oder Chorion genannt, ist eine helle Haut, in welcher eine radiär zum Centrum des Eies gerichtete Streifung erkennbar ist, welche den optischen Ausdruck feiner Porenkanäle (Mikropyle) darstellt. Diese Membran ist ein Abkömmling des später noch zu erwähnenden Eiepithels. Die Zellsubstanz heisst Dotter oder Bildungsdotter und ist eine eiweissreiche Substanz, die zahlreiche Körnchen, die Dotterkörnchen, enthält, durch welche bei mikroskopischer Betrachtung das Ei ein körniges Aussehen erhält. Der Zellkern, von einer zarten Membran, der Kernmembran, umhüllt, heisst nach seinem Entdecker Purkinje'sches Bläschen oder auch Keimbläschen; das Kernkörperchen wird Keimfleck oder Müller'scher Fleck genannt und kann zuweilen doppelt vorhanden sein. Ein Ei, wie es vorstehend geschildert wurde, das keinen Nahrungsdotter, sondern nur Bildungsdotter besitzt, wird ein alecithales Ei (von ἡ λέκιθος, das Gelbe im Ei, der Eidotter), ein bildungsdotterfreies Ei genannt. Nur wenige Eier sind wirklich völlig alecithal, die meisten enthalten in der Zellsubstanz etwas Nahrungsdotter, der eine fettreiche Substanz ist. Nimmt die Ausbildung des Nahrungsdotters sehr zu, so kann

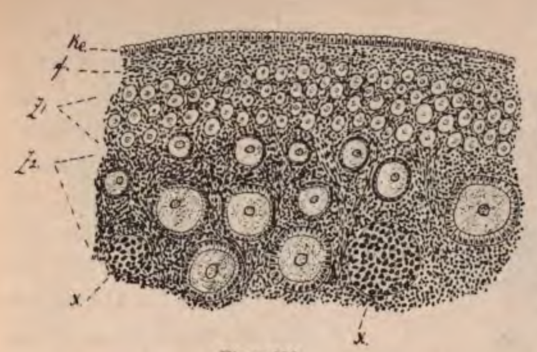


Figur 155.
Ei einer Katze, frisch in Kochsalzlösung. e = Eiepithel; z = Zona pellucida; der helle Fleck in der Mitte ist der Eikern, die hellen Stellen in der Zellsubstanz deuten die Dotterkörnchen an.

er an Mächtigkeit die Eizelle, mit der er stets in engster Verbindung bleibt, ganz bedeutend übertreffen. Je nach der Lagerung, welche der Nahrungsdotter in diesem Falle einnimmt, unterscheidet man telolecithale und mesolecithale Eier. Die telolecithalen Eier, zu denen z. B. das Vogelei gehört, zeigen die Ansammlung des Dotters an einem Ende der Eizelle (daher der Name), während bei den mesolecithalen Eiern der Nahrungsdotter im Centrum des Bildungsdotters gelegen ist; mesolecithal ist z. B. das Ei der Krebse. Das Säugetierei ist ein alecithales Ei. Durch den Mangel oder die Entwickelung eines massenhaften Nahrungsdotters wird die nach der Befruchtung eintretende Teilung des Eies, die sogenannte Eifurchung, eine verschiedene sein; beim alecithalen Ei furcht sich das ganze Ei, bei den nahrungsdotterhaltigen Eiern furcht sich nur der Bildungsdotter, während der Nahrungsdotter passiv bleibt; man nennt jene Eier daher holoblastische, diese meroblastische.

Die Keimstätte, welche die Eier liefert, ist der Eierstock oder das Ovarium. Man rechnet die Ovarien zu den Drüsen ohne Ausführungsgänge und in dem hier adoptierten Flemming'schen Schema der Drüsen werden die Ovarien unter die alveolären Drüsen gestellt. Sie bestehen aus einzelnen, unverästelten Bläschen oder Follikeln (von: Folliculus = kleiner Schlauch), die niemals in direkte Kommunikation mit einander treten. Indessen dürfte es richtiger sein, dem Vorgange von Schiefferdecker zu folgen und die Eierstöcke (ebenso wie die Hoden) von den Drüsen ganz zu trennen. Denn ist die Definition, die hier von dem, was man unter einer Drüse zu verstehen hat, in § 103 gegeben wurde, eine richtige, dann kann die Thätigkeit der Ovarien (und der Hoden) nicht als eine sezernierende betrachtet werden. Die Drüsen scheiden aus den ihnen zugeführten Säften durch ihr spezifisches Epithel flüssige oder mehr feste Substanzen ab, ohne dass eine Zellvermehrung oder eine Ausstossung der funktionsfähigen Zellen statt hat. Bei den Ovarien werden aber funktionsfähige Zellen, die Eier, ausgestossen, von den Hoden nach lebhafter Zellteilung besondere zellige Gebilde, die Samenfäden, geliefert: es ist also ganz offenbar die Thätigkeit der Ovarien (und der Hoden) von der der Drüsen toto coelo verschieden.

Auf einem zur Längsaxe des Organes geführten Durchschnitte erkennt man eine deutliche Zweischichtung der Ovarien, eine blutreiche Marksubstanz, die Gefässzone von Waldeyer, die von einer Rindenschicht, der Parenchymzone von Waldeyer, umgeben ist. Der ganze Eierstock ist von einer einfachen Schicht cylindrischer Epithelzellen bedeckt, die man Keimepithel nennt.

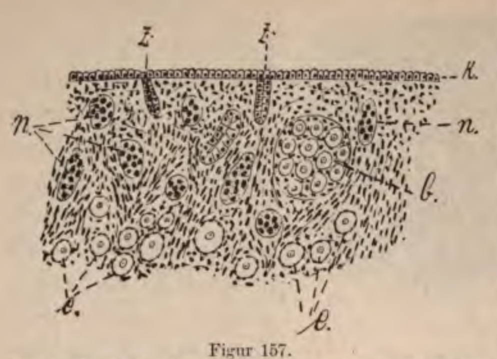


Figur 156.
Schnitt durch das Ovarium des Kaninchens.
ke = Keimepithel; *f* = äussere Faserlage; z_1 = Zone der primordialen Eier; z_2 = Zone der reifenden Eier; *x* = tangential geschnittene Follikel.

Die bindegewebige Substanz, welche die Hauptmasse der Gefässzone ausmacht, durchsetzt auch die Parenchymzone als ein Fachwerk, in welchem die Follikel des Eierstockes, in denen die Eier reifen, gelegen sind. Dicht unter dem Keimepithel bildet das bindegewebige Stroma eine äussere Faserlage oder Rindenschicht von kompakterer Beschaffenheit, in welcher keine Follikel vorhanden sind. Die Follikel sind einfache, mit einander nicht kommunizierende Bläschen, in denen die Eier heranwachsen und aus denen sie nach erlangter Reife durch Platzen der Follikelhülle entleert werden. Die Follikel, Eifollikel, heissen nach ihrem Entdecker Graaf'sche Follikel.

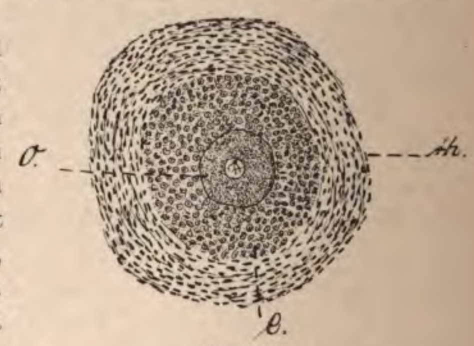
In der Parenchymzone finden sich nun Follikel verschiedener Grösse, und zwar — es handelt sich bei dieser Darstellung um die Ovarien geschlechtsreifer Individuen — dicht unter der äusseren Faserlage kleine Follikel mit unreifen Eiern, sie bilden die Zone der primordialen Follikel. Nach der Marksubstanz hin werden die Follikel spärlicher an Zahl, nehmen aber an Grösse zu; es ist dies die Zone der reifenden Follikel. Ganz reife Follikel, d. h. Bläschen mit befruchtungsfähigen Eiern trifft man immer nur in geringer Zahl, weil die Reifung der Eier nicht in allen Follikeln gleichzeitig, sondern allmählig im Laufe der Jahre nach eingetretener Pubertät erfolgt. Zwischen den Follikeln findet sich das Fachwerk des Stroma, das aus derbem Bindegewebe mit elastischen Fasern besteht und sehr viel spindelige Zellen enthält.

Zum Verständnisse dieser Anordnung der Teile in der Parenchymzone dürfte es zweckmässig sein, die Entwicklung der Graaf'schen Follikel zu verfolgen. Am embryonalen Ovarium dringt das Keimepithel in Form von Epithelzapfen, den Ovarialschläuchen, in das Stroma der Parenchymzone ein. Diese Zapfen werden an verschiedenen Stellen unregelmässig eingeschnürt, trennen sich vom Keimepithel und bilden so verschieden umfangreiche Zellenhaufen im Stroma. Zwischen diese Zellen, bei denen eine Differenzierung derart eintritt, dass einige durch besonderes Wachstum grösser werden



Figur 157.
Schnitt durch das Ovarium einer neugeborenen Hündin.
k = Keimepithel; z = Epithelzapfen; n = Nester; b = Eiballen; e = Eier.

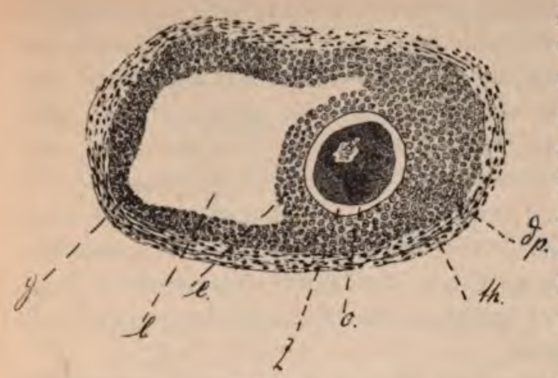
und die Primordialeier bilden, während die anderen klein bleibend jene als Epithelzellen umhüllen, wachsen aus dem Stroma bindegewebige Septa ein und bedingen so die Abgrenzung der Primordialfollikel. Anfänglich sind die Septa schmal und in Folge dessen zeigt sich deutlich eine haufenförmige Gruppierung der Primordialeier, die Eiballen nach Waldeyer, oder eine reihenförmige Anordnung derselben zu den Eiketten von Pflüger. Durch stärkere Entwickelung der Septa werden dann die einzelnen Follikel etwas mehr auseinandergedrängt.



Figur 158.
Eifollikel aus dem Ovarium des Kaninchens (Schnittpräparat).
o = Ovulum; e = Follikelepithel; th = Theca.

Der Primordialfollikel hat einen sehr einfachen Bau; er wird von der im Centrum des Bläschens gelegenen, noch hüllenlosen Eizelle und den derselben in einfacher Schicht dicht anliegenden Epithelzellen, dem Follikelepithel, gebildet. Das letztere, auch Membrana granulosa genannt, wuchert und wird dadurch mehrschichtig. Der Follikel wird von einer bindegewebigen Hülle, der Theca oder Membrana folliculi umgeben, an welcher man zwei Lagen unterscheiden kann. Die innere zellenreiche und daher weiche Lage enthält die Capillaren der Blutgefässe, die äussere, feste, fibröse Lage beherbergt die gröberen Gefässe.

Mit der Wucherung des Follikelepithels tritt durch Verflüssigung einzelner Zellen eine Spalte auf, die von halbmondförmiger Gestalt stets nach oben, d. h. in der Richtung zum Keimepithel des Ovarium gelegen ist, während von der Spalte nach abwärts, also zur Gefässzone hin, das Ei sich findet. Der Spalt wird grösser und erfüllt sich mit einer Flüssigkeit, dem Liquor folliculi. Die dem Keimepithel benachbarte Wand des Follikels wird von Epithelzellen aus-



Figur 159.
Reifender Follikel aus dem Ovarium des Meerschweinchens.
o = Ovulum; *z* = Zona pellucida; *e* = Eiepithel; *dp* = Discus proligerus; *l* = Liquor folliculi; *g* = Granulosazellen; *th* = Theca.

gekleidet, die nur in wenigen Lagen vorhanden sind; sie stellen das eigentliche Follikelepithel dar. Das gegenüberliegende und von diesem Epithel durch die Flüssigkeit des Follikels getrennte Ei ist von einer mehrfachen Zellschicht umgeben und steht auf einem kuppenförmigen Zellhaufen, den man Discus (Cumulus) ovigerus oder D. proligerus nennt; das Ei liegt also excentrisch im Follikel. Die innerste der das Ei im Discus proligerus umhüllenden Zellschichten ist eine Schicht regelmässig gestellter Cylinderepithelien, welche man Eiepithel nennt. Bei der mit dem Wachstume des Follikels einhergehenden Vergrösserung des Eis bilden diese Zellen die Zona pellucida.

Ist das Ei auf dieser Stufe seiner Ausbildung angelangt, dann ist es reif und entleert sich durch Platzen des Follikels, was bei dem menschlichen Weibe alle vier Wochen zur Zeit der Menstruation, bei den weiblichen Tieren zur Zeit der Brunst der Fall ist. Die verdünnte Wand des Follikels, der sehr viel Flüssigkeit enthält, platzt stets an der der Oberfläche des Ovarium nahe gelegenen Stelle.

Mit dem Ei und dem Liquor folliculi wird auch der Discus proligerus entleert und das Schicksal des geplatzten Follikels gestaltet sich nun folgendermaassen. In die vom Follikelepithel bekleideten leeren Follikelhöhlen ergiesst sich aus der inneren gefässreichen Schicht der Theca Blut, dessen Veränderungen die gleichen sind, wie die aller Blutergüsse (Extravasate). Das Blut verschwindet bis auf einen Rest, der aus bräunlichen Pigmentmassen besteht, die von krystallinischer Beschaffenheit sind, indem sie rhombische Tafeln oder Säulen von rubinroter oder gelbroter Farbe (Hämatoidin) enthalten. Später wird das Pigment, das viel Eisen (Hämosiderin) hat, schwarz. Die Zellen des Follikelepithels vermehren sich, verfetten bald und umgeben als eine gelbliche Masse das Blutgerinnsel. Die innere Thecaschicht bildet eine Narbe, nachdem ihre zelligen Elemente ebenfalls durch Wucherung sich vermehrt haben. Der

verödete Follikel ist an seiner bräunlich gelben Farbe makroskopisch kenntlich und heisst Corpus luteum. Hat nach Platzen des Follikels eine Befruchtung der entleerten Eier stattgefunden, so wird das Corpus luteum von bedeutender Grösse, persistiert und wird wahres C. l. genannt im Gegensatze zu den falschen, die, weil eine Gravidität nicht eingetreten ist, sehr bald verschwinden.

Die Gefässzone ist der Sitz der Hauptblutgefässe des Ovarium und besteht aus derbem Bindegewebe mit zahlreichen spindeligen Zellen, sie enthält elastische Fasern und glatte Muskelfasern. Durch die mächtige Entwickelung der Blutgefässe bekommt das ganze Gewebe einen kavernösen Charakter.

Die Blutgefässe treten am Hilus in das Organ ein, sind in der Marksubstanz, wie eben bemerkt, reich entwickelt und bilden ein die Follikel umspinnendes Netz. Nur die äusserste Rinde des Ovarium ist gefässarm.

Die Lymphgefässe umspinnen netzartig die Follikel und sind in der Gefässzone ebenfalls reichlich entwickelt.

Die Nerven sind bis in die Nähe der Follikel zu verfolgen.

§ 117. Anhangsweise seien noch das Parovarium und das Paroophoron besprochen. Beide Gebilde sind Reste eines embryonalen Organes, des Wolff'schen Körpers, das erstere stammt vom Geschlechtsabschnitte, das letztere vom Urnierenabschnitte dieses Körpers. Im ersteren sind geschlängelte Kanäle, die ein Wimperepithel haben, im letzteren verästigte Schläuche mit Cylinderzellen vorhanden. Beide Gebilde liegen in der sogenannten Ala vespertilionis.

Die Ausführungswege.

§ 118. Die paarigen Eileiter, auch Muttertrompeten oder Tubae Fallopiae genannt, werden in einen oberen stark gewundenen Abschnitt mit weitem Lumen, die Ampulle, und einen unteren mehr gestrekten und engen Abschnitt, den Isthmus, eingeteilt; letzterer mündet in die Gebärmutter. Man unterscheidet an den Tuben 3 Häute, nämlich zu äusserst den serösen Überzug, dann die Muscularis und zu innerst die Mucosa. Die Schleimhaut ist in zahlreiche Längsfalten gelegt, so dass ihr Querschnitt sternförmig erscheint, dies gilt besonders für den Isthmus; in der Ampulle sind die Faltenanordnungen sehr kompliziert. Das Epithel der Schleimhaut besteht aus einfachen Lagen von flimmernden Cylinderzellen, das sich bis auf die Aussenfläche der Fimbrien fortsetzt. Der Wimperstrom ist nach abwärts, d. h. gegen den Uterus hin gerichtet. Im Epithel fehlen Becherzellen, in der Schleimhaut sind keine Drüsen

vorhanden. Auf die sehr dünne, aus längs verlaufenden Fasern bestehende Muscularis mucosae folgt die ebenfalls dünne Submucosa. Die Muskelhaut der Tuben besteht aus zwei Lagen glatter Muskelfasern, von denen die äussere longitudinal, die innere circulär verläuft. Die seröse Hülle endlich, welche zum Peritoneum gehört, wird durch lockeres Bindegewebe gebildet.

Die Gebärmutter, Uterus, ist von der Tube durch die stärkere Ausbildung ihrer Muskulatur, die während der Gravidität eine sehr bedeutende Entwicklung zeigt, sowie durch das Vorhandensein von Drüsen in der Schleimhaut hauptsächlich verschieden.

Die Muskulatur besteht aus zahlreichen sich kreuzenden Bündeln glatter Muskelfasern, an denen man drei Schichten unterscheiden kann, nämlich eine äussere aus unregelmässig schief verlaufenden, eine mittlere aus longitudinalen und eine innere aus circulär gerichteten Faserbündeln gebildete. Die mittlere Schicht ist die am stärksten entwickelte. Am Muttermunde ist durch besondere Ansammlung circulär verlaufender Fasern eine Art Sphincter uteri ausgebildet. Die Muskelzellen lassen sich im graviden Uterus leichter von einander trennen, als im nicht graviden; dies gilt auch für die gleichen Gebilde der Tuben.

Die Mucosa des Uterus sitzt der Muskulatur, da eine Submucosa fehlt, dicht und fest auf; sie enthält im Körper und in der Cervix zahlreiche spindelige und sternförmige Zellen, die nach Henle's Meinung fast an das Stroma lymphoider Knötchen erinnern. In der Portio vaginalis uteri sind zahlreiche elastische Fasern in der Mucosa vorhanden, die sich an der Oberfläche „arkadenförmig" verbinden. Das Epithel des Körpers und des Halses der Gebärmutter ist ein einschichtiges flimmerndes Cylinderepithel, während in der Portio vaginalis das geschichtete Pflasterepithel der Vagina beginnt. Die Grenze zwischen beiden Epithelarten wechselt in verschiedener Weise bei den einzelnen Individuen (Mensch.) Im Fundus und im Corpus uteri ist die Schleimhaut glatt, in der Cervix hat sie sich in reichliche quere Falten gelegt, welche Plicae palmatae genannt werden.

Die Drüsen des Fundus und des Körpers, Glandulae utriculares genannt, sind schlauchförmige teils verzweigte, teils einfache Gebilde, welche keine Membrana propria besitzen. Sie sind lang, verlaufen geschlängelt und sind zuweilen an ihrem blinden Ende korkzieherartig gewunden; sie bestehen aus flimmernden Cylinderzellen. Im Collum uteri werden diese Drüsen durch runde oder schlauchähnliche Vertiefungen des Schleimhautgewebes ersetzt, die ein cylindrisches Epithel besitzen. Die Verstopfung dieser letzteren

Drüsen und die in Folge des so sich ansammelnden Schleimes eintretende Ausdehnung derselben führt zu cystenartigen Bildungen, die man Ovula Nabothi nennt.

Die Blutgefässe des Uterus finden sich als grössere Stämme hauptsächlich in der mittleren und äusseren Muskellage. Die Capillaren bilden in den tieferen Partien der Mucosa weitere, in den oberflächlicheren engere Netze. Nach Henle sind die Gefässwandungen in der Schleimhaut des Corpus uteri zart, in der der Cervix sehr stark.

Die Lymphgefässe sind besonders deutlich im schwangeren Uterus ausgebildet. Sie finden sich als Lymphnetze im Bindegewebe der Mucosa, in der Muskelschicht und in dem subserösen Gewebe.

Die Nerven des Uterus bestehen teils aus markhaltigen teils aus marklosen Fasern und sind in der Muskulatur leicht zu verfolgen, ihre Endigung in der Mucosa ist nicht bekannt.

Bei der Menstruation ist die Schleimhaut durch vermehrten Blutzufluss geschwellt und aufgelockert, die Uterindrüsen haben sich verlängert und verbreitert und sind so einander näher gerückt.

Die Grössenzunahme des Uterus während der Gravidität beruht auf einer anfänglich eintretenden Vermehrung der glatten Muskelzellen und dann auf einem bedeutenden Wachstume derselben.

Die Vagina, Scheide, ist ein sehr dehnbarer Schlauch, der aus äusserer Faserhaut, Muskelschicht und Schleimhaut besteht. Die äussere Faserhaut ist ein mit zahlreichen elastischen Fasern versehenes Bindegewebe. Die Muskelschicht wird von inneren longitudinal und äusseren circulär verlaufenden Faserbündeln gebildet. Die Mucosa, welche von der Muskelschicht durch die lockere Submucosa getrennt wird, ist mit einem geschichteten Pflasterepithel bekleidet, unter welchem sich sehr viel Papillen finden; sie liegt in zahlreichen Falten und Höckern, die Columnae rugarum genannt werden, und enthält keine Drüsen. Im sauren Vaginalschleim finden sich abgestossene Epithelzellen.

Das Hymen oder Jungfernhäutchen ist eine Duplikatur der Mucosa, die ziemlich viel Blutgefässe und Nerven enthält und am Introitus vaginae gelegen ist.

Die Blutgefässe und ebenso die Lymphgefässe bilden in der Mucosa und Submucosa flächenhaft ausgebreitete Netze.

§ 119. Die äusseren Geschlechtsteile, die weibliche Scham, besteht aus der Clitoris, den kleinen und den grossen Schamlippen.

Die Clitoris hat ein Präputium, eine Glans und Corpora cavernosa: letztere sind wie die gleichen Gebilde des Penis gebaut. Das Präputium ist eine Schleimhautduplikatur; die Glans ist mit einer zahlreiche Papillen besitzenden Schleimhaut bedeckt.

Die kleinen Schamlippen, Labia minora oder Nymphae, sind Schleimhautduplikaturen mit zahlreichen Papillen, vielen Fettzellen und Blutgefässen. In ihnen finden sich, wie auch am Introitus vaginae, in grosser Menge Talgdrüsen.

Die grossen Schamlippen, Labia majora, sind sehr fettreiche Falten der Haut, welche an ihrer äusseren Fläche wie die äussere Haut, an ihrer inneren wie die Schleimhaut gebaut sind. Sie enthalten glatte Muskelfasern, Haare und an diesen ausmündende Talgdrüsen in beträchtlicher Zahl.

Das Vestibulum, Vorhof, und der Introitus vaginae besitzen zahlreiche Schleimdrüsen. Im Vestibulum münden mit langen Ausführungsgängen zwei grosse Drüsen, die ihrem Baue nach zu den zusammengesetzten lobären tubulösen Drüsen gehören, dies sind die Bartholini'schen oder Duverney'schen Drüsen. Die Zellen dieser Organe sind niedrige Cylinderzellen, ihr Sekret ist von zäher, schleimiger Beschaffenheit. Morphologisch sind sie Homologa der Cowper'schen Drüsen des Mannes.

Die Nerven enden in der Clitoris in Gestalt von Tastkolben, der sogenannten Wollustkörperchen von Krause. Ausserdem hat man im Präputium der Clitoris und in den Labia majora, sowie an deren Übergange zu den Labia minora Vater'sche Körperchen beobachtet. (Über die Tastkörperchen cfr. Nervensystem).

Die Milchdrüsen.

§ 120. In innigem Zusammenhange mit dem Geschlechtsleben der weiblichen Individuen stehen besonders modifizierte Hautdrüsen, die an der ventralen Körperseite sich bei den verschiedenen Tieren in verschiedener Zahl, beim menschlichen Weibe in der Zweizahl an der Brust vorfinden, nämlich die Milchdrüsen. Wenn keine Gravidität vorhanden ist, sind die Gebilde klein und in vollkommener Ruhe, da sie nichts absondern; mit dem Beginne der Gravidität wachsen sie zu beträchtlicher Grösse heran, um nach dem Partus in Funktion zu treten und so lange in Funktion zu bleiben, wie das Säugegeschäft, die Lactation, dauert. Das Sekret der funktionierenden Drüse ist die Milch.

Die Milch ist eine Flüssigkeit von weisser Farbe, deren Hauptbestandtheil ein Eiweissstoff (Casein) und Fett sind. Das Fett findet

sich in denkbar feinster Emulsion vor und besteht aus kleinsten Tröpfchen, den Milchkügelchen, die von einer zarten Membran umhüllt sind, so dass sie nicht ineinander fliessen können.

Das drüsige Organ gehört nach dem Flemming'schen Schema zu den zusammengesetzten lobären alveolären Drüsen. Während der Funktionspause wird das mikroskopische Bild einer solchen Drüse von dem interstitiellen, faserigen Bindegewebe beherrscht, während die drüsigen Bestandteile, die auf dem Durchschnitte als sehr kleine graurötliche Knötchen makroskopisch sichtbar sind, zurücktreten.

Die funktionierende Drüse bietet dagegen ein ganz anderes Aussehen dar.

Das interstitielle — interlobäre und interlobuläre — Gewebe ist sehr reich an Plasmazellen und Fettzellen, namentlich beim menschlichen Weibe, durch deren letzterer Anwesenheit die runde Form der weiblichen Brust bedingt ist. Die rundlichen Drüsenbläschen — Alveolen — welche eine aus sternförmigen Zellen bestehende Membrana propria besitzen, enthalten cylindrische Drüsenepithelien. Dadurch, dass ein Teil einer jeden Zelle während der Funktionsdauer verfettet und dass dieses Fett sich in die Drüsenlumina entleert, kommt die Milchbildung zustande. Es findet aber nicht, wie bisher angenommen wurde, ein vollständiger fettiger Zerfall der Drüsenzellen statt, sondern es bleibt, wie neuere Untersuchungen dargethan haben, von jeder Zelle ein Rest unveränderter Zellsubstanz zurück, der sich regeneriert und nach beendeter Regeneration von neuem in Thätigkeit tritt. Auch hier also, wie bei allen übrigen wirklichen Drüsen, geht die Produktion des Sekretes einher mit einer Umwandlung der Zellsubstanz, das Sekret besteht aus metamorphosierten Zellteilen.

Die einzelnen Stadien der Umwandlung dokumentieren sich derart, dass zuerst nur wenige Fetttröpfchen in jeder Zelle angetroffen werden; allmählig nimmt der Fettgehalt auf Kosten der Zellsubstanz zu und es sind dann auch die Drüsenlumina mit Fett erfüllt.

Der ausführende Teil der Drüse ist mit einer einfachen Lage von Cylinderzellen bekleidet, die auf einer elastische Fasern enthaltenden Membrana propria aufsitzen. Die ausführenden Teile der einzelnen Lobi vereinigen sich zu 18 bis 20 und mehr Kanälen, den sogenannten Milchgängen, welche in der Brustwarze nach aussen münden. Es ist also hier kein allen Lobis gemeinsamer Ausführungsgang vorhanden.

Die Brustwarze und der Warzenhof sind Teile der äusseren Haut und im allgemeinen wie diese gebaut; beide sind reich an

glatten Muskelfasern, die in der ersteren nach Henle's Angaben vorwiegend aus sich kreuzenden querverlaufenden, weniger aus längs verlaufenden Bündeln bestehen, während in der letzteren nach demselben Autor circuläre Bündel sich vorfinden, die von radiären gekreuzt werden. Talgdrüsen (cfr. Haut) kommen nur im Warzenhofe, nicht in der Warze selber vor.

Das Sekret, die Milch, erscheint zuerst als Colostrum. Dieses das wenig Flüssigkeit enthält und daher wie dicker Eiter aussieht, besteht aus zweierlei fetthaltigen Gebilden, den Körnchenzellen und den Körnchenkugeln. Die ersteren sind die mit Fett erfüllten ausgestossenen Teile der Drüsenzellen, sie haben eine glatte Oberfläche; letztere sind höckerig, von Maulbeerform und das im Zerfall in Fetttröpfchen begriffene Umwandlungsprodukt der ersteren. Durch völligen Zerfall der Körnchenkugeln und durch reichliche Flüssigkeitsproduktion entsteht dann die Milch.

Anhang.

Placenta und Eihüllen.

§ 121. An der Placenta, Mutterkuchen, unterscheidet man eine Placenta uterina oder materna und eine Placenta foetalis. Hinsichtlich der Bildungsweisen dieses für die Ernährung der Frucht wichtigsten Organes wird, ebenso wie bezüglich der Eihüllen, auf die Lehrbücher der Entwickelungsgeschichte verwiesen; hier soll nur die mikroskopische Zusammensetzung in Kürze Erwähnung finden.

Die Placenta uterina, von Kölliker Decidua placentalis genannt, besteht aus einer faserigen körnigen Grundsubstanz, in welcher Rundzellen, Spindelzellen und in sehr grosser Menge Riesenzellen eingelagert sind. Die letzteren sollen aus dem Endothel der Venen der Placenta entstehen. In die Placenta foetalis dringen von der P. materna Gewebszüge ein, welche als Septa die Cotyledonen der ersteren gegen einander abgrenzen.

Die Placenta foetalis wird von dendritisch verästigten Zotten, den Cotyledonen, gebildet, die aus Bindegewebe, Gefässen und Epithel bestehen. Das letztere ist auf der Höhe der Cotyledonen ausgetragener Placenten sehr dünn, in den einzelnen Zellen sind keine Kerne enthalten; an den Seiten derselben dagegen sind die Zellen höher und kernhaltig. Das Bindegewebe tritt in ausgetragenen Placenten gegen die stark entwickelten Gefässschlingen ganz in den Hintergrund.

Die Eihüllen sind die Decidua vera und reflexa, das Chorion und das Amnion.

Die Decidua vera — die Bedeutung dieser Ausdrücke ist in den Lehrbüchern der Entwickelungsgeschichte nachzusehen — hat grosse runde Zellen mit grossem Nucleus und Nucleolus, die oft dicht nebeneinander gereiht sind. In der Decidua reflexa sind die Zellen von spindeliger Gestalt, das Zwischengewebe ist sehr gering entwickelt.

Das mit der D. reflexa eng verbundene Chorion, von welchem sich das Amnion nur durch eine geringere Zellenzahl unterscheidet, besteht aus bindegewebigem Stroma mit sternförmigen Zellen und hat auf seiner Aussenfläche Plattenepithel.

b. Männliche Geschlechtsorgane.

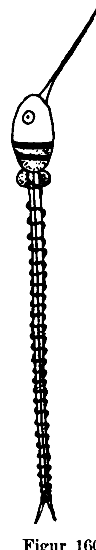
§ 122. Der Geschlechtsapparat der männlichen Individuen besteht aus den die Keimzellen bereitenden Organen (Hoden), den ausführenden Wegen mit dem männlichen Gliede und accessorischen Gebilden.

Der Hoden (Testis, Testiculus), ein paarig vorhandenes Organ, liefert den Samen, d. h. diejenigen Elemente, durch deren Vereinigung mit dem Ei die Entwickelung der neuen Organismen beginnt. Wir wollen daher zunächst den Bau der den Samen zusammensetzenden Elemente besprechen, dann auf den Bau und die Funktion des Hodens selber näher eingehen.

Der Samen, Sperma, ist eine alkalisch reagierende Flüssigkeit von eigentümlichem, charakteristischem Geruche. In der Flüssigkeit, die durch Zutritt des Sekretes accessorischer Drüsen verdünnt wird, finden sich zahlreiche, sich lebhaft bewegende Gebilde, die Samenfäden, Spermatozoën oder, wie man sie neuerdings nennt, Spermatosomen. Die Bewegung, welche im Lumen der Hodenkanälchen nicht vorhanden ist, sondern erst durch Zutritt des Sekretes der accessorischen Drüsen sich einstellt, gleicht der Bewegung der Flagellaten und in der That sind die Spermatosomen der Wirbeltiere Geisselzellen. Sie bestehen aus Kopf, Mittelstück und Schwanz und die schwingenden Bewegungen des letzteren rufen die Ortsveränderungen der ganzen Gebilde hervor. Bei den drehenden, rollenden, oft spiraligen Bewegungen geht der Kopf voran.

Die Samenfäden des Menschen haben etwa die Gestalt einer Stecknadel, der Kopf erscheint von der Fläche aus gesehen oval, von der Seite aus betrachtet birnförmig. Die Länge der menschlichen Spermatosomen beträgt nach W. Krause 0,052—0,062 mm. Über den feineren Bau dieser Gebilde hat K. von Bardeleben in

neuerer Zeit Untersuchungen angestellt, deren Resultate von grösster Wichtigkeit für unsere Auffassungen der Befruchtung und Vererbung sind.



Figur 160. Reifer Samenfaden des Menschen; nach K. v. Bardeleben.

Am Kopfe der Spermatosomen hat man nach Bardeleben einen vorderen und einen hinteren Teil zu unterscheiden, die ein differentes Färbungsvermögen besitzen. Der vordere, hellere Teil ist wesentlich plasmatischer Natur und färbt sich nur wenig oder gar nicht. Am hinteren Teile, welcher stets dunkler ist, treten besonders beim Eintrocknen und nach Anwendung von Farbstoffen, wie dies auch schon W. Krause angegeben hat, dunkle Querstreifen, zwei, drei oder vier an Zahl, auf, die durch helle Querstreifen von einander getrennt sind. Ein schmaler protoplasmatischer Saum zieht vom vorderen Teile des Kopfes zu den sogenannten Protoplasmaresten an Hals und Mittelstück.

Im Kopfe liegt, bald mehr nach vorn bald mehr nach hinten, ein Innenkörper, der bei tierischen Spermatosomen bereits bekannt und als Centralkörper beschrieben ist. Derselbe ist hell und glänzend, färbt sich gewöhnlich gar nicht oder nur sehr schwer, während er ausnahmsweise sehr intensiv Farbstoffe annehmen kann, wobei gleichzeitig die übrigen Teile des Samenfadens ungefärbt bleiben. Man sieht im Innenkörper sich färbende Linien oder der Körper ist in mehrere verschieden weit von einander liegende Stücke zerfallen. Bei Vorhandensein von einem oder zwei Innenkörpern sieht man in diesen, selbstverständlich nur bei Verwendung stärkster Vergrösserungen, zuweilen Teilungserscheinungen.

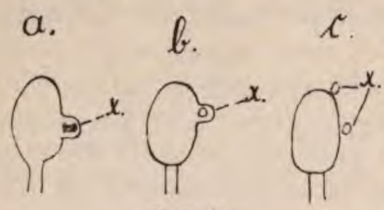
Auf der vorderen Fläche des Kopfes sitzt asymmetrisch ein Fortsatz, der schräg abgeht, etwa doppelt so lang ist, wie der Kopf, und aus zartem, feinfädigem Plasma besteht. Er geht in eine feine, dreieckige, abgeplattete Spitze über, die auf dem Spiess wie ein Fähnchen an einer Lanze sitzt.

Am Halse, der sehr kurz ist, finden sich Protoplasmareste, d. h. Teile der später noch zu erwähnenden Spermatoblasten. Durch Mittelstück und Schwanz, von welchen das erstere nur undeutlich vom Halse sich absetzt, zieht ein central gelegener Faden, der Centralfaden, hindurch, der nach Bardeleben bis zur vorderen Spitze des Kopfes zu verfolgen ist. Mittelstück und Schwanz sind mit Ausnahme des Endes des letzteren, des sogenannten Retzius'schen

Endstückes, von einem plasmatischen Saume umgeben, der in fast quer verlaufenden Spiralen um die genannten Teile gelegen ist.

Die vorstehend geschilderte Form des menschlichen Spermatosoma ist die häufigste; man trifft aber nach Bardeleben fünf bis sechs verschiedene Abweichungen von derselben, unter denen Riesenformen vorkommen, bei welchen der Kopf 7,5 μ lang und 3,75 μ breit ist.

Es wurde weiter oben erwähnt, dass man am Innenkörper des Spermatosoma Teilungsfiguren beobachten kann, und thatsächlich findet, wie Bardeleben angegeben hat, ein Ausstossen von Substanzteilen aus dem Kopfe statt. Es schnüren sich unter den bekannten Erscheinungen der Mitose zwei kleine rundliche Körperchen ab, die aus dem Kopfe des Samenfadens austreten. Wir haben es hier also mit einem Vorgange zu thun, welcher sein Analogon in der Bildung der Richtungskörper der Eier findet.



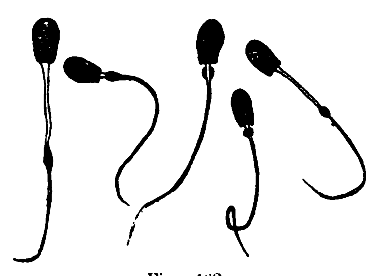
Figur 161.
Drei Stadien der Reifung eines menschlichen Samenfadens; nach v. Bardeleben. Bei x Ausstossung der Richtungskörperchen.

Bei diesen letzteren tritt die sogenannte „Reifung" unter Form der Ausstossung zweier (bei parthenogenetischen Eiern eines) kleiner, durch Teilung entstandener zelliger Gebilde ein, die man „Richtungskörper" genannt hat. Der Vorgang bei den Spermatosomen ist also wohl von funktionell gleicher Bedeutung, es handelt sich auch hier um einen Reifungsprozess. An ejaculiertem Samen, an welchem diese Beobachtungen zuerst gemacht wurden, sind diese Erscheinungen nur selten anzutreffen, da offenbar die Reifung innerhalb der Geschlechtsdrüse abläuft.

Aus dieser letzten Thatsache aber und aus dem, was über den feineren Bau der Spermatosomen gesagt wurde, geht hervor, dass die Samenfäden vollwertige Zellen und nicht blosse Kerne sind, die den Eiern durchaus gleichgesetzt werden müssen, von denen sie sich durch das Vermögen aktiver Ortsveränderung unterscheiden.

Bei der Diskussion der Theorie der Zelle wurde bereits die Ansicht bekämpft, dass die Vererbung an die Kernsubstanzen geknüpft sei und dass der physiologische Wert einer Zelle von der spezifischen Beschaffenheit ihres Nucleins abhangen solle. Der Kerntheorie, welche durch die Centrenquadrille von Fol schwer erschüttert war, ist durch den von Bardeleben erbrachten Nachweis, dass die Spermatosomen Zellen sind, der thätsächliche Boden vollständig entzogen, diese Theorie kann nicht mehr als mit den Beobachtungen in Einklang stehend betrachtet werden.

§ 123. An den Spermatosomen der Säugetiere und auch der übrigen Vertebraten ist bis jetzt, soviel ich weiss, ein Spiess mit Fähnchen nicht beobachtet worden. Es mögen hier noch einige Bemerkungen über den Bau der Spermatosomen des Hundes folgen.



Figur 162.
Spermatosomen des Hundes.

Der Kopf hat eiförmige Gestalt, ist aber an seiner Unterfläche, an welche sich das Mittelstück ansetzt, abgestutzt. Auch hier kann man einen vorderen und einen hinteren Abschnitt unterscheiden. Der vordere Abschnitt ist der grössere, er ist heller, färbt sich (in Hämatoxylin) schwach und zeigt eine sehr feine Körnelung, die an die Granulierung der Zellsubstanzen, (nicht zu verwechseln mit den Altmann'schen Granula) lebhaft erinnert. Die hintere kleinere Partie färbt sich (in Hämatoxylin) intensiv, erscheint homogen und ist gegen die vordere Partie konvex gewölbt. In der Medianlinie ist sie leicht eingebuchtet, ja zuweilen deutlich geteilt und zwischen die beiden Teile setzt sich die plasmatische Substanz des vorderen Kopfabschnittes fort.

Das Mittelstück enthält an allen Spermatosomen des Hundes eine spindel- oder zwiebelförmige Anschwellung, welche sich (in Hämatoxylin) stets sehr intensiv färbt und entweder homogen ist oder, wie die untere Partie des Kopfes, eine Zweiteilung erkennen lässt, indem das Mittelstück, das nur wenig gefärbt ist, durch die Anschwellung hindurch schimmert. Man kann nun je nach der Lage dieser Anschwellung zwei Formen von Spermatosomen unterscheiden. Bei den einen liegt die Anschwellung dicht am Kopfe, bei den anderen weit vom Kopfe entfernt, so wie es die Figur 162, welche genau nach dem Präparate gezeichnet ist, wiedergiebt. Beide Formen der Spermatosomen sind einander an Zahl gleich und zeigen sonst einen übereinstimmenden Bau.

Wir haben hier, wie auch bei den menschlichen Spermatosomen, ein Verhalten, das an die Wirbellosen erinnert, insofern mindestens zwei Formen von Samenfäden vorkommen. Ob dieser Dimorphismus eine tiefer greifende Bedeutung hat oder nicht, lässt sich z. Z. mit Bestimmtheit nicht sagen; möglicherweise steht er in einem Zusammenhange mit der Geschlechtsdifferenzierung, insofern die eine Form nach der Befruchtung des Eies zur Bildung des männlichen Geschlechtes, die andere zu der des weiblichen Veranlassung giebt. Möglicherweise liegt auch die Bedeutung der

Thatsache in einer anderen Richtung, ganz bedeutungslos dürfte sie keinesfalls sein.

Ähnlich wie die Spermatosomen des Hundes sind, wenigstens in der Form des Kopfes, die vom Stier. Bei Ratte und Maus sind die Köpfe hakenförmig gekrümmt, bei Vögeln spiralig gewunden, bei Amphibien lang und spitz etc. Bei den urodelen Amphibien findet sich am Mittelstück ein undulierender, d. h. sich wellig bewegender, plasmatischer Spiralsaum.

§ 124. Nachdem wir so den Bau der vom Hoden gelieferten Geschlechtsprodukte kennen gelernt, wollen wir an die Besprechung des Baues des Hodens selber gehen und daran die Bildung des Samens, die Spermatogenese, anschliessen.

Zum Verständnisse des mikroskopisch wahrnehmbaren Baues des **Hodens** dürfte es angemessen sein, eine kurze Beschreibung des makroskopischen Verhaltens dieses Organes vorauszusenden.

Der Hoden ist von einer dicken und festen weissen Haut als von einer Kapsel umgeben, der **Tunica albuginea** s. **fibrosa testis**. Am hinteren Rande des Hodens besitzt sie zahlreiche feine Öffnungen für die durchtretenden Samenkanäle und bildet zugleich hier durch Verdickung einen Vorsprung, welcher **Corpus Highmori** oder **Mediastinum testis** genannt wird. Dieser Vorsprung dringt keilförmig in das Hodenparenchym ein und zerspaltet sich in einzelne Blätter, die **Septula testis**, welche divergierend das Organ durchsetzen und sich mit Fortsätzen, die von der Innenfläche der Albuginea kommen, vereinigen. So wird das Hodenparenchym in pyramidenförmige Läppchen zerlegt, deren Basis der Albuginea, deren Spitze dem Corpus Highmori zugekehrt ist.

Jedes Hodenläppchen, **Lobulus testis**, besteht aus einem oder mehreren Röhrchen, den **Tubuli** oder **Canaliculi seminiferi**, die zu länglichen Knäueln aufgewunden sind. Gegen die Spitze der Läppchen ist der Verlauf dieser Kanälchen ein mehr gerader (**Tubuli recti**), sie verbinden sich im Corpus Highmori zu einem Netze, dem **Rete testis** oder **Rete vasculosum Halleri**. Aus diesem Netze entstehen die ausführenden Samenkanälchen, die **Vasa efferentia testis**, die durch die Albuginea hindurchgehen, zuerst gerade verlaufen, dann durch Schlängelung konische, mit der Spitze gegen den Hoden gerichtete Bildungen darstellen, die **Coni vasculosi**, welche den **Kopf des Nebenhodens** zusammensetzen. Durch den Zusammenfluss der Coni entsteht ein einfacher, sehr langer Kanal, der in überaus zahlreichen, kurzen Windungen liegend als **Canalis epididymidis** Körper und Schwanz des Nebenhodens bildet und

am Ende des letzteren in das weniger gewundene und weitere Vas deferens übergeht. Zuweilen findet sich am Schwanze des Nebenhodens eine parallel mit dem Vas deferens aufsteigende und blind endigende Abzweigung des Hodenkanals, das Vas aberrans Halleri.

Es sei hier gleich das mikroskopische Verhalten der Hüllen des Hodens und der Tubuli recti angeschlossen.

Die Tunica albuginea besteht aus straffem, faserigem Bindegewebe, das an seiner freien, d. h. gegen die Tunica vaginalis gekehrten Fläche mit einer einfachen Schicht von Plattenepithel bekleidet ist. Innen geht sie in ein mehr lockeres gefässhaltiges Bindegewebe, die Tunica vasculosa, über, welch letztere mit den die Gefässe und Nerven des Hodens einschliessenden Septulis zusammenhängt. Die Gefässe bilden um die Tubuli Capillarschlingen. Das Corpus Highmori wird von derbem Bindegewebe hergestellt.

Die Tubuli recti, welche schon zum ausführenden Teile des Hodens gehören, besitzen auf einer Membrana propria eine einfache Lage niedriger Cylinderzellen, während die Kanäle des Rete testis eine einfache Schicht von Plattenepithelien haben.

§ 125. Wie aus der vorstehenden Schilderung des makroskopisch Festzustellenden hervorgeht, zeigt der Hoden einen exquisit tubulösen Bau; als Drüse aber kann er nicht betrachtet werden aus Gründen, die bereits bei Besprechung des Ovarium auseinander gesetzt wurden. Der eigentlich funktionierende Abschnitt des Organes wird von den Tubuli seminiferi, die wegen ihres gewundenen Verlaufes auch Tubuli contorti testis heissen, dargestellt.

Diese Letzteren sind folgendermaassen zusammengesetzt. Zu äusserst ist eine mehrfache Lage platter Bindegewebszellen vorhanden, auf die eine feine Membrana propria folgt; auf dieser sitzen dann in mehrfacher Schicht die Hodenzellen auf. Je nach dem Zeitpunkte, in welchem man einen Säugetierhoden untersucht, trifft man ein verschiedenes Verhalten der Zellen. Die meisten Säuger nämlich, mit Ausnahme der domestizierten Tiere und des Menschen, sowie die anderen Wirbeltiere sind nur zu bestimmten Zeiten geschlechtlich thätig, es wechseln Perioden vollkommener Ruhe mit solchen von lebhafter Aktion (der Brunst) ab.

Im Zustande der Ruhe haben die Hodenzellen, welche in mehrfacher Schicht gelagert sind, verschiedene Grösse, zeigen aber im wesentlichen dasselbe Aussehen. Mit dem Beginne der Thätigkeit, d. i. mit der Samenbildung, tritt eine Differenz zwischen den Hodenzellen hervor und es lässt sich nachweisen, dass eine Zellart nur

in sekundärer Beziehung zur Samenbildung steht, während die andere sich in Spermatosomen umwandelt. Diese Thätigkeit wollen wir jetzt näher betrachten.

§ 126. Die Spermatogenese. Mit Beginn der Hodenthätigkeit wächst die eine Zellart, die Spermatogonie, bedeutend heran und wird zur Spermatocyte. Durch wiederholte Teilungen wird aus letzterer die Samen bildende Zelle, die Spermatide. Die Teilung der Spermatocyte oder Samenmutterzelle zeigt sehr bemerkenswerte Eigentümlichkeiten. Durch die auf mitotischem Wege erfolgte Teilung hat die Tochterzelle nur halb soviel Chromosomen, wie bei der Mutterzelle nach Längsspaltung der chromatischen Fäden vorhanden waren; besass diese z. B. durch die Längsspaltung acht Fäden, so hat die Tochterzelle deren nur vier. Soweit sind die Verhältnisse die gleichen, wie bei jeder mitotischen Teilung; jetzt aber tritt die Besonderheit auf. Die Tochterzellen kehren nicht zur Ruhe zurück, es tritt keine Längsspaltung der Chromosomen ein, sondern es beginnt sofort eine neue Teilung und es kommt die eine Hälfte der Zahl der Chromosomen in die eine, die andere Hälfte in die andere der sich neu bildenden Enkelzellen, die letzteren enthalten also nur halb so viel Kernsubstanz, wie die Tochterzellen. Diese Art der Teilung nennt man nach Weismann eine Reduktionsteilung, während die gewöhnliche Mitose, bei der eine Längsspaltung der Chromosomen und dadurch eine Verteilung gleicher Nucleinmengen auf beide Teilzellen herbeigeführt wird, nach demselben Autor als Äquationsteilung bezeichnet wird.

Der Reduktionsteilung wird eine grosse Bedeutung für die Vererbung beigemessen, es soll dadurch eine Eliminierung von Ahnenplasmen stattfinden. Ob das wirklich so ist, bleibe dahingestellt; bei der Erörterung der Reduktionsteilung in der Litteratur ist des Verhaltens der Attraktionssphären nur nebenbei gedacht worden, und doch ist bei diesen schon nach der ersten Teilung (Tochterzelle) eine Halbierung der Masse eingetreten. Sicherlich hat die Reduktionsteilung der Kerne eine grosse Bedeutung, aber nur im Anschlusse an den gleichen Vorgang in der Zellsubstanz, und nach dem Standpunkte, den ich in diesem Buche eingenommen habe, halte ich die Reduktion der Attraktionssphäre für das wichtigere Moment. Doch ist dieses Buch nicht der Ort, die Frage der Reduktionsteilung theoretisch eingehender zu diskutieren.

Für den Menschen leugnet übrigens K. v. Bardeleben, dass die Teilung der Spermatocyten ausschliesslich auf mitotischem Wege stattfindet, nach diesem Forscher sind vielmehr die Mitosen im

funktionierenden Menschenhoden selten. Die Teilung findet auf amitotischem Wege statt, indem der den lockeren Knäuel zeigende Kern mit der Zelle durch Fragmentation in vier Zellen zerfällt. Das Chromatin der neuen (Tochter-) Zellen ballt sich zusammen und nimmt eine besondere Gruppierung um einen hellen Körper oder mehrere derselben an, der von Bardeleben Arginkörper genannt wird.

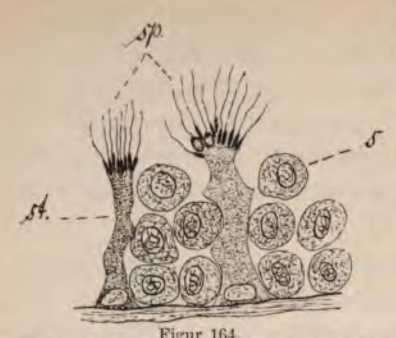
Verfolgen wir nun die Schicksale der durch die Teilung der Spermatocyten entstandenen Spermatiden, die bei Tieren und Menschen, soweit wenigstens die Beobachtungen zur Zeit lehren, verschiedene zu sein scheinen. Hinsichtlich der Tiere werde ich mich an Benda anlehnen, dessen Darstellung die klarste ist, bezüglich des Menschen auf Bardeleben rekurrieren, dessen Untersuchungen die neuesten und eingehendsten sind.

Figur 163.
Aus dem funktionierenden Hoden des Hundes.
t — Tunica propria; *st* — Stützzelle; *sg* Spermatogonie; *sc* = Spermatocyte; *s* = Spermatide.

Die runde Hodenzelle wird bei Tieren, z. B. beim Hunde, ei- oder birnenförmig, und zwar ist der spitze Pol der vordere, der stumpfe der hintere Abschnitt. Eine zarte Membran umgiebt die Zelle, deren kugliger Kern im vorderen Pole gelegen ist. Der Kern nimmt eine mehr ellipsoidische Gestalt an, zugleich bildet sich eine kegelförmige, dem hinteren Kernpol aufsitzende Kuppe aus und von dieser geht ein feiner Faden ab, die erste Andeutung des Schwanzes. Letzterer verlängert sich, es sitzt ihm der Rest der Zellsubstanz als Schwanzkappe auf, diese wird von ihm durchbohrt und damit ist die Bildung des Spermatosoma beendet.

Nach dieser Darstellung scheint es, als ob der Samenfaden ausschliesslich ein Kernproduct sei, doch ist dabei das Schicksal der Zellsubstanz der Spermatide zu wenig beachtet worden.

Bei Beginn der Bildung des Spermatosoma sind die indifferenten Hodenzellen, die Sertoli zuerst beobachtet hat — dieselben heissen Sertoli'sche Zellen, oder Stützzellen nach Merkel, oder Fusszellen nach Benda —, bedeutend herangewachsen. Lediglich durch Zunahme ihrer Substanz erreichen diese Stützzellen, deren Kern dicht der Membrana propria anliegt und sich nie teilt, das Lumen des Hodenschlauches. Mit ihnen vereinigen sich die Spermatiden, die gewissermaassen in Fächern der Stützzellen stecken, und machen



Figur 164.
Aus dem funktionierenden Hoden des Hundes. *st* = Stützzellen; *sp* = Spermatosomen; *s* = Spermatocyten.

hier ihre Umwandlung durch. Man nennt diese Zellen auf diesem Stadium auch Spermatoblasten, doch ist der Name nicht mehr zutreffend. Früher glaubte man, dass diese nur eine sekundäre Bedeutung für die Spermatogenese habenden Zellen die Samenfäden produzieren, darum war der Name berechtigt; gegenwärtig, wo ihre wahre Funktion erkannt ist, wo man weiss, dass sie keine Samenfäden bilden, sondern dass in ihnen nur die Samenfäden heranreifen, hat der obige Name daher keinen Sinn mehr.

Die Vereinigung von Samen bildenden Zellen und Stützzellen wird von den einen Autoren als eine Kopulation gedeutet, so von Benda und von Ebner, während andere, unter ihnen Bardeleben, nur von einer äusseren „topographischen" Aneinanderlagerung sprechen. Zunächst ist zu bemerken, dass im strengen Sinne des Wortes von einer „Kopulation" nicht zu reden wäre; denn es handelt sich nicht um eine dauernde Vereinigung beider Zellarten, nicht um ein Aufgehen der einen in die andere, sondern nur um eine vorübergehende, so wie wir sie etwa bei der Konjugation der Infusorien kennen. Es müsste daher auch eher von einer Konjugation der Spermatiden mit den Stützzellen gesprochen werden, und eine solche wäre nur eine „topographische" Aneinanderlagerung, bei welcher allerdings ein ernähernder Einfluss der Stützzellen auf die Spermatiden stattfindet.

Die Spermatiden stecken so in der Substanz der Stützzellen, welche zur Aufnahme jener verästigt sind, dass die Köpfe der sich bildenden Samenfäden nach der Membrana propria des Hodenschlauches, die Schwänze nach dem Lumen desselben gerichtet sind. Die Spermatiden konvergieren ferner mit ihren vorderen Polen gegen die Fächer der Stützzelle und divergieren mit den hinteren Polen gegen das Schlauchlumen (Figur 164).

Abweichend von der eben gegebenen Darstellung lauten die Angaben Bardelebens, der an den Hoden dreier hingerichteter Männer seine Beobachtungen angestellt hat.

Die Spermatiden sind nach diesem Autor kreisrunde oder ovale Zellen — ihre Entstehung auf amitotischem Wege ist bereits er-

wähnt — die einen grossen Kern und in der Mitte desselben einen hellen glänzenden Körper, den Arginkörper, besitzen.

Die durch Abschnürung entstandenen Zellen zerfallen direkt erst in zwei, dann in vier Teile oder auch sofort in vier Teile. An jedem dieser Teilstücke ist vorn ein Arginkörper von kugeliger oder ovoider Gestalt zu erkennen, auf ihn folgt das Chromatin und darauf die Zellsubstanz, welch letztere den Arginkörper umwächst. Damit ist ein primitives Spermatosoma entstanden.

Die weiteren Veränderungen sind die folgenden: Die Gestalt der Zelle wird allmählig eiförmig, dann kometen- und spindelförmig. Das Chromatin bildet nach vorn den Spiess und wächst nach hinten zum Centralfaden des Schwanzes aus. Um das Chromatin bildet sich ein Ring, aus dem eine Spirale entsteht, die, nach hinten wandernd, zum Spiralfaden des Schwanzes wird, zu gleicher Zeit teilt sich der Arginkörper in zwei bis vier Teile. Allmählig wird der Kopf mit seinen beiden Abschnitten, dem Centralkörper und dem Spiesse, immer deutlicher, während sich gleichzeitig der Zellleib streckt.

Das so gebildete Spermatosoma ist also nicht bloss ein Derivat des Zellkernes, sondern eines der ganzen Zelle, ist also auch, wie v. Bardeleben mit Recht betont, als eine vollwertige Zelle zu betrachten.

Das Studium der Spermatogenese stösst beim Menschen, abgesehen davon, dass frisches Material von funktionierenden Hoden relativ selten zu erlangen ist, darum auf besondere Schwierigkeiten, weil die Anordnung der zelligen Elemente und die Verteilung der Stadien eine durchaus unregelmässige ist. Namentlich hinsichtlich des letzteren Punktes wird das Verständnis, da oft weit aus einander liegende Phasen der Samenbildung in demselben Schnitte anzutreffen sind, ungemein erschwert. Ausser den bereits bekannten Zellarten, der runden Hodenzelle und der Sertoli'schen Zelle, kommen beim Menschen nach v. Bardeleben noch mehrere andere Formen vor. In der Nähe der Kanälchenwand liegen Zellen mit grossem oft wurstförmigem Kerne, welche Lymphzellen gleichen. Dann sind in der Nähe der Wandung Zellen vorhanden, deren Kerne gelappt, zerklüftet oder kanalisiert aussehen und ein polyedrisches Kernkörperchen besitzen. Auf diese Randzellen folgen Zellen, deren Kerne im lockeren Knäuelstadium sich zu befinden scheinen und in deren Mitte ein bis zwei Kernkörperchen liegen, welche von einem hellen Hofe umgeben sind.

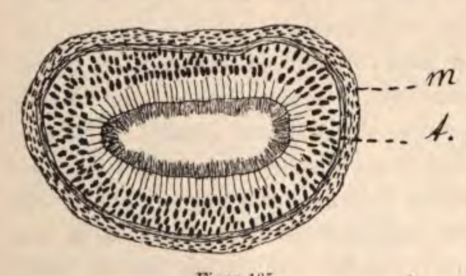
§ 127. Das biologisch interessanteste Moment in der Spermatogenese ist offenbar die Vereinigung der Spermatiden mit den

Stützzellen. Mag man nun diese Vereinigung nach v. Ebner und Benda als eine Kopulation, oder nach v. Bardeleben nur als eine topographische Aneinanderlagerung betrachten, immer wird man diese Vereinigung als ein Moment betrachten müssen, durch welches die Stützzelle auf die Spermatiden, deren stets mehrere in einer solchen Zelle stecken, einen Einfluss ausübt. Und man wird wohl nicht fehlgehen, wenn man diesen Einfluss als einen auf die Ernährung sich erstreckenden betrachtet. Das heisst aber sicherlich nichts anderes als: die ganze Kraft der Spermatiden wird zur Erzeugung der Spermatosomen verbraucht, so dass dadurch dieselben ausser Stand gesetzt werden, sich selber zu ernähren. Diese Ernährung wird dann durch die Stützzellen besorgt und so die Sicherheit für die vollkommene Bildung (Ausreifung) der Spermatosomen gewährleistet. Die spezifische Funktion der Spermatiden hat demnach gewissermaassen zur Unterdrückung aller anderen „Lebensthätigkeiten" geführt und es müssen diese durch andere Zellorganismen ausgeführt werden. So könnte man die Vereinigung beider Zellarten des funktionierenden Hodens als eine besondere Art von Symbiose betrachten.

Die ausführenden Wege.

§ 128. Die Tubuli recti, deren Bau bereits geschildert ist, sind der Anfangsteil der ausführenden Wege; diese selber bestehen aus dem Nebenhoden, Epididymis, dem Samenstrang, Vas deferens, den Samenbläschen, Vesiculae seminales, und den Ductus ejaculatorii.

Die Bildung der Epididymis ist bereits geschildert worden. Die Vasa efferentia besitzen ein auf faseriger Tunica propria aufsitzendes geschichtetes Flimmerepithel (Cylinderzellen) und mehrere die Tunica propria umgebende Lagen glatter Muskelfasern, welche circulär verlaufen. Beim Hunde sind vier Lagen von Zellen vorhanden, während bei dem Kaninchen die Zellschicht nur aus zwei Lagen besteht. Wie die Vasa efferentia ist auch der Canalis epididymidis zusammengesetzt. Im Lumen des Nebenhodens findet man zur Zeit der Brunst bei Haustieren immer zahlreiche Samenfäden, die hier ihre Beweglichkeit erlangen.



Figur 165.
Kanälchen des Nebenhodens vom Hunde. m = Muskelschicht; t = Tunica propria.

Das Vas deferens besitzt ein geschichtetes Cylinderepithel, das der Wimpern entbehrt: auf die Epithellage, die auf einer Membrana propria aufsitzt, folgt eine Submucosa und weiter nach aussen zunächst circulär, dann longitudinal verlaufende glatte Muskeln. Die Ampulle, zu welchem der Endteil des Vas deferens angeschwollen ist, besitzt ein pigmentiertes Cylinderepithel und in der Mucosa verzweigte tubulöse Drüsen. Im übrigen ist sie wie das Vas deferens gebaut, nur ihre Wandung ist dünner. In gleicher Weise verhalten sich die Vesiculae seminales.

Die Ductus ejaculatorii endlich besitzen nur eine einfache Lage von Cylinderzellen, auf die nach aussen eine innere longitudinale und eine äussere circuläre Lage glatter Muskelfasern folgt.

Es möge hier noch die kurze Beschreibung einiger Gebilde folgen, deren Funktion unbekannt ist, die aber als Residuen embryonaler Bildungen ein morphologisches Interesse darbieten.

Das sogenannte Giraldès'sche Organ, die Paradidymis und das Vas aberrans Halleri, welche Reste der embryonalen Urniere darstellen, sind Kanäle, deren Epithel aus wimpernden kubischen Zellen besteht.

Die ungestielte Morgagni'sche Hydatide — die gestielte ist eine inkonstante Erscheinung — ist ein von flimmerndem Cylinderepithel überzogenes Läppchen gefässreichen Bindegewebes; sie wird als Homologon der Tuba Fallopiae oder des Ovarium betrachtet.

Das männliche Glied.

§ 129. Das männliche Glied, der Penis, wird von drei cylindrisch gestalteten Schwellkörpern gebildet, nämlich den beiden Corpora cavernosa penis und dem unpaaren Corpus cavernosum urethrae.

Die Corpora cavernosa penis sind von einer bindegewebigen, elastische Fasern enthaltenden Haut umhüllt, der Tunica albuginea. Das Schwellgewebe, von schwammartigem Bau, wird von bindegewebigen Blättern und Balken, welche Bündel von glatten Muskelfasern enthalten, gebildet, die zu einem weitmaschigen Netzwerke verflochten sind. Diese Blätter und Balken sind auf den den Maschen des Netzes zugekehrten Flächen mit Endothelzellen bekleidet, die Maschen selber sind mit venösem Blute erfüllt. Die Capillaren bilden unter der Albuginea ein oberflächlich gelegenes feines Netz (Rindennetz), das mit einem tiefer gelegenen groben Netze, in welches die Arterien direkt eintreten, zusammenhängt. Letzteres ist mehrschichtig, wird von weiteren venösen Gefässen zusammengesetzt und liegt in

den oberflächlichen Partieen des Schwellkörpers, in dessen kavernöse Räume es übergeht. Die Venen bilden sich aus dem groben Rindennetze und in der Tiefe des kavernösen Gewebes.

Das Corpus cavernosum urethrae besteht aus einer centralen Partie, die durch ein Netz der Venen in der Submucosa der Urethra zu Stande kommt, und aus einer peripheren Partie, welch letztere mit dem Corpus cavernosum penis übereinstimmt. Die Glans penis besteht nur aus vielfach gewundenen Venen, die durch gefässhaltiges Bindegewebe zusammengehalten werden.

Der Penis ist von der äusseren Haut überzogen. Dieselbe, die bis zum Praeputium dünn und schlaff ist, enthält kleine Wollhärchen, in deren Bälge Talgdrüsen münden. Das subcutane Bindegewebe, welches sehr dehnbar ist, hat kein Fett und wird von Längsbündeln glatter Muskeln durchsetzt, die von der Tunica dartos des Hodensackes abstammen. Die Vorhaut, das Praeputium, besteht aus zwei Lamellen, von welchen die innere glatt ist und wie eine Schleimhaut erscheint. In ihr liegen Talgdrüsen, die auch am Frenulum vorkommen, welche man Tyson'sche Drüsen oder Glandulae praeputiales benennt. Das Sekret derselben ist das Smegma praeputii oder die Vorhautschmiere.

Die accessorischen Gebilde.

§ 130. Als solche kommen in Betracht die unpaare Prostata und die paarigen Cowper'schen Drüsen, die nach dem Flemming'schen Schema zu den zusammengesetzten lobären tubulösen Drüsen gehören.

Die Prostata oder Vorsteherdrüse, die von einer bindegewebigen, glatte Muskelfasern enthaltenden Kapsel umhüllt ist, besteht zum grösseren Teile aus glatten Muskeln und nur zum kleineren aus Drüsengewebe. Die Drüsenläppchen, deren beim Menschen 15—50 vorkommen und die erst zur Zeit der Pubertät zur vollen Entwickelung gelangen, werden von tubulösen Gängen gebildet, die einer Membrana propria entbehren; die Zelllage ist beim erwachsenen Menschen stets eine doppelte. Die Prostata mündet mit zwei grösseren und mehreren kleineren Ausführungsgängen in die Urethra. In der Prostata älterer Männer kommen geschichtete Sekretballen, die sogenannten Prostatasteine, vor.

Die Cowper'schen Drüsen sind von einer mit glatten Muskelfasern durchsetzten Bindegewebshülle umgeben; die einzelnen Schläuche haben eine strukturlose Membrana propria, auf welcher in einfacher Schicht cylindrische Zellen aufsitzen.

β) Gruppe der animalen Systeme.

F. Bewegungssystem.

§ 131. Das Bewegungssystem besteht aus den Knochen und den Muskeln; jene, welche das Skelet bilden, dienen diesen zum Ansatz, und viele von ihnen werden durch deren physiologische Aktion, die Zusammenziehung, gegen einander bewegt. Hierdurch wird auch die Lokomotion des ganzen Körpers ermöglicht.

Für die Bewegung kommen die Röhren- und die kleinen Knochen vorwiegend in Betracht, ihren Bau wollen wir daher, wenn auch nur ganz kurz, zunächst erörtern.

Die Untersucher des Baues der Knochen haben sich vorzugsweise mit dem Oberschenkel und zwar mit dessen coxalen Ende beschäftigt, weil an dieser Stelle die auf den Knochen wirkenden mechanischen Momente, nämlich Druck und Zug, am klarsten in ihren Wirkungen zu erkennen sind. Da hat sich denn herausgestellt, dass das coxale Femurende eine Architektur besitzt, wie eine solche nach mathematischen Gesetzen ein Ingenieur herstellen würde, wenn er ein Werkzeug konstruieren sollte, das ganz wie der Femur Druck- und Zugwirkungen ausgesetzt wäre. Die Einsicht in diese Verhältnisse verdanken wir in erster Linie dem Mathematiker Culmann, dem Anatomen H. v. Meyer und dem Chirurgen Julius Wolff.

Die im coxalen Femurende sich kreuzenden zahlreichen Spongiosabälkchen zeigen eine Anordnung, die ganz den Anforderungen der Mechanik entspricht. Es kreuzen sich unter einander stets im rechten Winkel die von der lateralen Femurseite stammenden Spongiosabälkchen mit den von der medialen Seite kommenden und bilden so rechtwinklich begrenzte Hohlräume. Man nennt diese Art der Anordnung die Orthogonalität der Spongiosa. Mit der Knochenaxe bilden die Spongiosabälkchen einen Winkel von 45°. An dieser Stelle, die im obersten Ende des Schenkelkopfes gelegen ist, wirken die Minima der Druck- und Zugspannung. Je weiter wir bei Betrachtung eines Knochendurchschnittes abwärts gehen, um so mehr nähern wir uns den Hauptwirkungsstellen von Druck und Zug und demgemäss wird auch der Verlauf der Spongiosabälkchen ein anderer. Während sie im Gelenkende bestimmte Kurvensysteme darstellen, wird ihr Verlauf weiter abwärts immer mehr der Knochenaxe parallel, sie legen sich zugleich dicht aneinander und stellen da, wo das Maximum von Zug und Druck einwirkt, die kompakte Partie des

Knochens dar: diese ist also im Grunde nichts anderes als eine zusammengedrängte Spongiosa und deshalb ist es nicht richtig, eine spongiöse von einer kompakten Substanz zu unterscheiden.

Wir haben oben gesehen, dass die Spongiosabälkchen sich unter bestimmtem Winkel kreuzen. Es entsteht dadurch eine Art Knochennetz, in dessen Maschen Marksubstanz gelegen ist. Die Ausfüllung dieser Maschen mit Mark bez. das Fehlen von Knochensubstanz in den Maschen weist darauf hin, dass auf diese leeren Stellen weder Zug noch Druck einwirkt, es hat also, wie wir uns metaphorisch ausdrücken können, an den Stellen, die sich neutral verhalten, die Natur das Baumaterial gespart.

Von diesem Gesichtspunkte aus werden wir auch die Existenz der Markhöhle verstehen. Im Centrum des Knochens ist keine Knochensubstanz vorhanden, weil hier weder Zug- noch Druckspannungen einwirken; es verhält sich also das Centrum neutral.

Diese kurzen Bemerkungen mögen genügen; durch ein tieferes Eingehen auf die höchst interessanten und überaus wichtigen Architekturverhältnisse des Knochens würden wir aus der Histologie heraus- und in die deskriptive Anatomie hineingeführt werden.

§ 132. Die Knochen als Organe, bestehend aus dem Periost, der Tela ossea und der Medulla ossium, sind unter einander entweder fest oder beweglich verbunden. Die feste Verbindung, welche bekanntlich in der Anatomie als Synarthrosis bezeichnet wird und in dieser Form sich als Nath, Sutura, und als Fuge, Symphysis, darstellt, bietet histologisch nichts Besonderes dar. Die bewegliche Verbindung, das Gelenk oder Diarthrosis, muss dagegen kurz besprochen werden.

Die Gelenkenden der Knochen sind mit hyalinem Knorpel überzogen; zwischen zwei auf einander stossenden Gelenkenden finden sich häufig, gewissermaassen als Puffer, die aus Faserknorpel bestehenden Zwischengelenkknorpel. Von Knochen zu Knochen ziehen die Gelenkbänder, welche sich mikroskopisch als Bindegewebe charakterisieren. Umhüllt sind die Gelenke von den Gelenkkapseln, die bald von zwei, bald nur von einer Lage gebildet werden. Die äussere Lage ist die Faserkapsel, Capsula fibrosa, deren Bau dem der Gelenkbänder völlig gleicht; sie kommt nur an Gelenken vor, deren Knochen besonders fest vereint sind. Entweder umhüllt sie vollständig das Gelenk oder sie zeigt stellenweise mehr oder minder beträchtliche Unterbrechungen. Die innere Lage, die häufig nur allein vorhanden ist, heisst die Synovialkapsel, Capsula synovialis. Dieselbe ist eine dünne Haut, die aus einer

von gekreuzten Fibrillenbündeln, welche feine elastische Fasern enthalten, zusammengesetzten Bindegewebsschicht und einer diese innen überkleidenden, zuweilen mehrfachen, Lage von Endothelzellen besteht; die Synovialkapsel enthält viele Blut- und Lymphgefässe. Zuweilen besitzt die Kapsel faltige Auswüchse, welche in die Gelenkhöhle hineinragen; man nennt dieselben Synovialzotten. Von der Kapsel, die als eine seröse Haut zu betrachten ist, wird eine Flüssigkeit abgesondert, welche Gelenkschmiere oder Synovia heisst.

Wie alle Organe des Körpers enthalten auch die Knochen Blutgefässe und Nerven.

Ein Teil der Arterien tritt aus dem Periost durch die Öffnungen der Havers'schen Kanäle direkt in die Tela ossea ein und bildet hier ein gestrektes Gefässnetz. Ausserdem gelangen durch die Foramina nutritia grössere arterielle Gefässe in die Markhöhle, die hier ein die Fettzellen des Markes umgebendes Capillarnetz bilden, das mit den Gefässen in den Havers'schen Kanälen kommuniziert.

In den Epiphysen, die ihr Blut ebenfalls vom Periost her und von den Arteriae nutritiae erhalten, verzweigen sich die Gefässe in den Markmaschen. Ähnlich verhalten sich die kurzen und platten Knochen. Die Venen verlaufen mit Arterien.

Die platten Schädelknochen erhalten ihre Arterien durch die Öffnungen der Tabula vitrea; die Venen liegen in weiteren Kanälen, die zu einem Teile in die äusseren Kopfvenen, zum anderen Teile in die Venen der Dura mater einmünden.

Im Knochenmarke sind zahlreiche Gefässe vorhanden, die sich in den verschiedensten Richtungen durchkreuzen. Die des Fettmarkes haben stets Wandungen, die des lymphoiden Markes entbehren zuweilen derselben.

Die Nerven der Knochen, deren Anordnung an die der Blutgefässe erinnert, treten durch das Periost in die Tela ossea ein, die an manchen kurzen und platten Knochen sehr viel derselben enthält. Im Periost, das relativ nervenarm ist, kommen Vater-Pacini'sche Körperchen vor (siehe Nervensystem). Die letzten Endigungen der Nerven in dem Knochengewebe sind z. Z. noch unbekannt, wenigstens erscheinen mir die hierüber vorhandenen Angaben recht wenig zuverlässig.

§ 133. Wir haben somit den Knochen, wie er sich als Organ repräsentiert, kennen gelernt. Es dürfte angemessen sein, hier noch einige Bemerkungen über sein Wachstum und seine Entwickelung anzuschliessen.

Dass der Knochen wächst, darüber kann ein Zweifel gar nicht entstehen, denn die Knochen alter Individuen sind grösser, schwerer und in ihrer Architektur in manchen Punkten anders, als die Knochen der Neugeborenen und jugendlicher Individuen. Wie aber verläuft der Prozess des Wachstums im Knochen?

Hinsichtlich dieser Frage stehen sich zwei Antworten gegenüber; nach der einen findet nur ein appositionelles Wachstum statt, nach der anderen ist das interstitielle Wachstum an allen Knochen das vorwiegende.

Appositionelles Wachstum nennt man den Prozess, bei welchem die Neubildung des Knochengewebes in der Dicke vom Periost aus, in der Längsrichtung von dem zwischen Dia- und Epiphyse gelegenen intermediären Knorpel aus, der bei jugendlichen Individuen vorherrschend ist, erfolgt. Bei dem periostalen Knochenwachstum oder der periostalen Verknöcherung findet sich an der Grenze zwischen Knochen und Periost eine mikroskopische Schicht, die Cambiumschicht, welche aus einer kontinuierlichen Lage grosser, würfelförmiger Zellen besteht, die Osteoblasten genannt werden. Es sondern diese Zellen eine dem Ostein analoge Intercellularsubstanz ab, in die hinein sich Kalksalze ablagern, während die Zellen selber zu Knochenkörperchen werden. Mit dem Aufhören des Wachstums, wenn der Knochen seine definitive Länge erreicht hat, schwindet die Osteoblastenschicht.

Gleichzeitig mit dieser äusseren Anlagerung neuen Knochengewebes, der Apposition desselben, findet eine Resorption von Knochensubstanz von der Markhöhle aus statt. Es bilden sich an der dem Knochenmarke anliegenden Wand (bei Röhrenknochen) Vertiefungen aus, die sogenannten Howship'schen Lakunen, in welchen Riesenzellen gelegen sind. Letztere bewirken die Zerstörung des fertigen Knochengewebes und werden darum Osteoklasten genannt.

Nach dieser Auffassung, die unstreitig einen thatsächlichen Boden hat, verhält sich also das Knochengewebe ganz passiv beim Wachstum. Dem Standpunkte gemäss, der in diesem Buche stets festgehalten wurde, dass die Lebensthätigkeit der spezifischen Gewebszellen es ist, welche die einzelnen Gewebe erhält, können wir uns aber mit dieser Auffassung nicht begnügen, es scheint mir von cellularen Gesichtspunkten aus nicht zulässig, mit v. Meyer das Knochengewebe als ein durch Verkreidung zu Grunde gegangenes Knorpelgewebe zu bezeichnen, dessen Elementarteile funktionsunfähig geworden sind. Eine solche Funktionsunfähigkeit von Elementarteilen, d. h. von

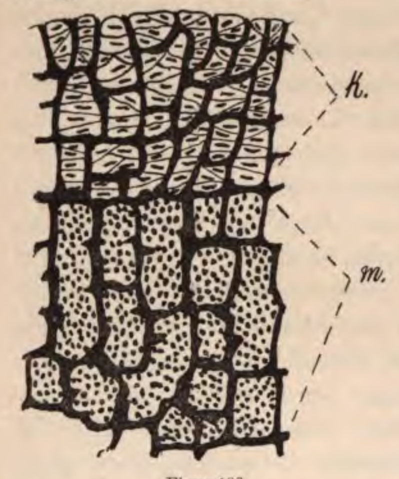
Zellen, kann nicht, wenigstens nicht in gesunden Organismen stattfinden, wir müssen vielmehr annehmen, dass auch die Knochenkörperchen Zellen sind, die wie die Zellen aller übrigen Gewebe einen mehr oder minder lebhaften Stoffwechsel besitzen, als dessen Resultat wir die Vergrösserung der Knochen und, wenn die Wachstumsperiode vorüber ist, die Erhaltung ihrer Form zu betrachten haben.

Diesem aus der Zellenlehre logisch gestellten Postulate genügt die Annahme des interstitiellen oder Expansionswachstums, das namentlich von Julius Wolff lebhaft vertreten wird. Auf Grund seiner Untersuchungen an normalen und an pathologisch veränderten Knochen kam dieser Forscher zu der Anschauung, dass die Wiederherstellung der inneren Knochenarchitektur, die bei der Heilung verletzter Knochen eintritt, nicht eine Folge sein kann ausschliesslich appositionellen Wachstums, sondern dass die Restitutio in integrum an den Epiphysenenden oder zum Mindesten die Wiederherstellung der Funktion (Orthogonalität der Spongiosa etc.) derselben nur durch eine lebhafte aktive Beteiligung der Knochenzellen verständlich wird. Experimentell hatte sich ferner gezeigt, dass bei (fertigen) Knochen von einem periostalen Wachstume mit medullarer Resorption wenig oder gar nichts zu bemerken ist. Legt man einen Metallring um die Diaphyse eines Röhrenknochens, so müsste er, vorausgesetzt dass kein Absterben des Knochens (Nekrose) eintritt, durch Apposition und Resorption in das Innere der Markhöhle gelangen. Das ist aber keineswegs der Fall; vielmehr stellt sich nur eine Einbiegung der umschnürten Diaphysenpartie gegen das Mark ein, während ein Eindringen in das letztere nie statt hat. Eine solche Einbiegung ist aber nur durch interstitielles Wachstum, keineswegs aber durch appositionelles zu erklären. Aus jener erwähnten Wiederherstellung der Spongiosa bei geheilten Brüchen der Epiphysen und aus diesen Experimenten kam Wolff zur Aufstellung des höchst wichtigen Transformationsgesetzes der Knochen, das mit des Autors eigenen Worten lautet: „Das Gesetz der Transformation der Knochen ist dasjenige Gesetz, nach welchem im Gefolge primärer Abänderungen der Form und Inanspruchnahme, oder auch bloss der Inanspruchnahme der Knochen, bestimmte, nach mathematischen Regeln eintretende Umwandlungen der inneren Architektur und ebenso bestimmte, denselben mathematischen Regeln folgende sekundäre Umwandlungen der äusseren Form der betreffenden Knochen sich vollziehen." Die Umwandlungen aber, welcher Art sie auch sein mögen, erfolgen in erster Linie in allen Fällen durch die Aktivität der Knochenkörperchen, d. h. der zelligen Elemente des Knochens.

Auf eine ausführliche Besprechung und Begründung des Wolff'schen Gesetzes kann hier nicht näher eingegangen werden, weil dadurch der Rahmen dieses Buches verlassen würde.

Wir können also bezüglich des Knochenwachstums sagen, dass dasselbe sowohl durch Apposition als auch durch Expansion erfolgen wird und dass wahrscheinlich das expansive Wachstum das appositionelle an In- und Extensität überwiegen wird.

Es war weiter oben erwähnt worden, dass ein Längenwachstum der Röhrenknochen vom intermediären Knorpel, dem sogenannten Epiphysenknorpel, aus erfolgt. Es ist das diejenige Form der Verknöcherung, die wir auch im Embryo antreffen und die wir als endochondrale Verknöcherung oder als Knochenentwickelung bezeichnen können.



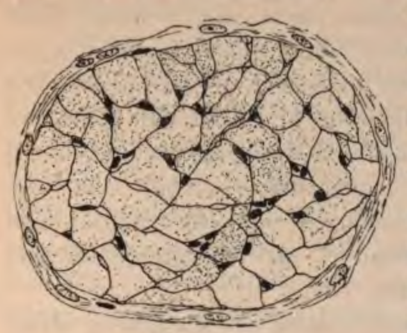
Figur 166.
Schnitt durch die Verknöcherungszone des Femur eines viermonatlichen menschlichen Embryo; nach einem Präparate von J. Wolff.
k = Knorpelzone; m = primäre Markräume.

Auf einem Durchschnitt z. B. durch einen verknöchernden Femur einer menschlichen Frucht treffen wir folgende Verhältnisse an. Die im hyalinen Knorpel zerstreut liegenden Zellen werden zu Zellhaufen, die sich in der Richtung zur Knochenaxe säulenförmig anordnen, es ist dies das Richtungsphänomen der Knorpelzellen. Die Zellen sind länglich und ihre Längsaxe steht senkrecht auf der Knochenaxe, sie liegen also mit ihren schmalen Seiten auf einander. Dann folgt eine Zone, in welcher die Grundsubstanz stärker lichtbrechend ist, eine mehr zackige Konturierung erlangt und Hohlräume einschliesst, in denen zahlreiche kleine Zellen von rundlicher Gestalt gelegen sind. Diese Zellen sollen sich durch Teilung der Knorpelzellen entwickelt haben; die Hohlräume heissen primäre Markräume. Ein Teil der Zellen persistiert als Markzellen, ein anderer Teil wird zu Knochenzellen, den primären Osteoblasten, und bildet die Knochensubstanz.

§ 134. Betrachten wir nunmehr die zweite Komponente des Bewegungssystems, die Muskeln.

Das Muskelgewebe ist bereits früher ausführlich beschrieben worden. Die einzelnen Muskelfasern gruppieren sich zu Bündeln und diese zum Muskel; auf Querschnitten erhält man ein klares

Bild von dieser Anordnung. Man sieht da zunächst eine den ganzen Muskel einscheidende Hülle, die aus kernreichem faserigen Bindegewebe besteht und Perimysium externum genannt wird. Von dieser Hülle gehen septenartig feine, kernführende und oft fetthaltige Stränge in das Innere des Muskels hinein, welche die einzelnen Muskelfaserbündel umhüllen und Perimysium internum heissen. Die Länge einer Muskelfaser entspricht durchaus nicht immer der des Muskels, vielmehr hören einzelne Fasern zugespitzt schon in der Mitte des Muskels auf; manche Autoren nehmen sogar an, das keine Muskelfaser länger als 4 cm sei und dass, wo anscheinend eine Faser durch die ganze Länge des Muskels verlaufend angetroffen werde, zwei oder mehr Muskelfasern in longitudinaler Richtung mit einander verklebt seien. Zum mindesten soll dies für Säuger Giltigkeit haben.



Figur 167.
Querschnitt durch ein Muskelbündel in der Zunge des Kaninchens.

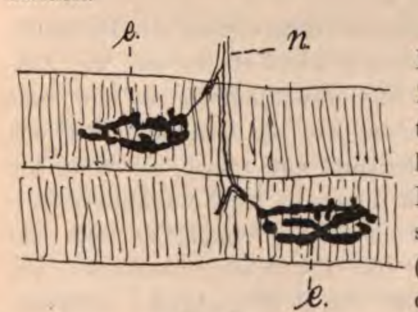
Die Muskeln sind ungemein reich vascularisiert. Die grösseren Gefässe treten quer zur Längsaxe des Muskels in das Organ ein und lösen sich hier in Capillaren auf, welche parallel mit den Fasern (also in der Längsaxe) verlaufen und durch spärliche Queranastomosen mit einander in Verbindung stehen.



Figur 168.
Gefässnetz eines Säugetiermuskels.

Lymphgefässe sind in den Muskeln nur in geringer Zahl vorhanden.

Über die Innervation der Muskeln ist Folgendes zu sagen. Zu den quergestreiften Muskeln treten markhaltige Nervenfasern heran, und zwar je eine zu einer Muskelfaser oder, wenn letztere sehr lang ist, zwei Nervenfasern. (Ist die oben erwähnte Angabe, dass sehr lange Muskelfasern aus zwei verschmolzenen kürzeren Fasern bestehen richtig, dann würde



Figur 169.
Nervenendigung in einem Muskel des Kaninchens; nach einem Präparate im Besitz von H. Munk. n = Nerv; e = Endplatte.

also jede Komponente einer langen Faser ihren eigenen Nerven haben). Bei Verbindung mit der Muskelfaser geht die Schwann'sche Scheide der Nerven in das Epilemma über, während zugleich das Nervenmark aufhört; nur der Axencylinder tritt mit dem Endolemma (Sarkoplasma) des Muskels in Verbindung. Hier an der Stelle, wo der Nerv endet, findet sich eine plasmatische Substanz, der Endhügel nach Kühne, welche zahlreiche ovoide Kerne enthält. In dem Endhügel ramifiziert sich der Axencylinder hirschgeweihartig und bildet die Endplatte. Der Endhügel ist in kontinuierlichem Zusammenhange mit dem Endolemma.

Wir haben nun noch kurz das Verhalten des Muskels zu seiner Sehne zu besprechen. Die Muskelfasern gehen nicht direkt in die Fasern der Sehne über, vielmehr ist hier nur eine Verkittung beider Gewebe vorhanden. Durch Anwendung konzentrierter Alkalien kann man nachweisen, dass der Sarkolemmaschlauch an der Übergangsstelle zur Sehne vollkommen geschlossen und dass der Muskel gegen die Sehne leicht konvex gewölbt ist, so in eine entsprechende Konkavität der Sehne passend. Zwischen dieser und dem Muskel ist also eine Kittsubstanz vorhanden, deren Bindekraft eine ganz gewaltige sein muss, bedenkt man, welch starke Spannung die Sehne beim Heben von Lasten z. B. zu ertragen hat.

G. Nervensystem.

Allgemeines.

§ 135. Das Nervensystem zerfällt morphologisch und physiologisch in das centrale und periphere Nervensystem; jenes besteht aus Gehirn und Rückenmark, dieses aus den Nerven mit ihren Terminalgebilden und dem sympathischen Nervensystem; beide müssen also gesondert abgehandelt werden.

Die zelligen Elemente des Centralnervensystemes, die Ganglienzellen, sind bereits bei den Geweben geschildert worden, die Aufgabe, die uns hier erwächst, ist eine wesentlich andere und zwar eine doppelte. Einmal ist darzulegen, wie die Ganglienzellen sich untereinander verbinden bez. ob überhaupt eine solche, sei es direkte sei es indirekte, Verbindung besteht, und wie die Nervenfasern entstehen. Zweitens hat Gegenstand der Beschreibung zu sein der feinere Bau der .einzelnen Teile des Centralnervensystemes, die Gruppierung der Elementarteile und die Beteiligung der einzelnen centralen Abschnitte an der Zusammensetzung der Nerven, sowie das Verhalten von nervöser und neurogliöser Substanz zu einander,

dem sich die Beschreibung der Hüllen des Centralnervensystemes anzuschliessen hat.

Hinsichtlich des zweiten Punktes will ich mich darauf beschränken, den Bau und die Faserung des Rückenmarkes, sowie der Rinde des Klein- und Grosshirnes im allgemeinen zu erörtern, muss es mir aber, mit Rücksicht auf den Umfang des Buches, versagen, auf eine spezielle Beschreibung der subcorticalen Partieen des Grosshirns einzugehen, sowie die Ursprungsstätten der Hirnnerven im einzelnen zu behandeln. Die gangbaren Lehrbücher der Anatomie des Menschen enthalten hierüber das Wissenswerteste, soweit in diesen Fragen überhaupt bereits positive und eindeutige Ergebnisse erzielt sind.

Bezüglich des ersten Punktes seien noch einige kritische Bemerkungen vorausgeschickt.

Es ist unleugbar, dass das Studium des Baues des Centralnervensystems in den letzten Jahren einen ungemeinen Aufschwung genommen hat, der hauptsächlich auf die Einführung zweier neuer Untersuchungsmethoden zurückführbar ist: diese Methoden sind die Imprägnation der Objekte mit Chromsilber nach Golgi und die Anwendung einer vitalen Färbung mit Methylenblau nach Ehrlich. (Von einer vitalen Färbung kann im strengen Sinne des Wortes eigentlich keine Rede sein, denn nicht das lebende Gewebe färbt sich, sondern, wie wohl fast allgemein jetzt anerkannt ist, das absterbende Gewebe). Die ausgezeichnete Hämatoxylinmethode von Weigert und die Modifikationen derselben von anderen Autoren haben mehr Bedeutung für die Erkenntnis der Faserung des Centralnervensystems, als für die uns zunächst beschäftigenden, vorhin skizzierten Probleme.

Die Methode von Ehrlich, mehr verwendbar allerdings für die peripheren Nervenendigungen, und die Methode von Golgi haben unstreitig Treffliches geleistet. Doch will mir scheinen, als ob bei Verwertung des nach Golgi's Verfahren Gewonnenen nicht immer und nicht allenthalben die nötige Skepsis obgewaltet hat. Man hat ziemlich allgemein einfach alles das, was sich mit Silber schwarz oder schwarzbraun im Centralnervensystem färbt und wie eine Faser aussieht, als Nervenfaser gedeutet — nur hinsichtlich der Gliazellen hat man eine Unterscheidung von Nervenzellen vorgenommen — und vor allen Dingen: man hat auf Grund von allerdings sehr zahlreichen Untersuchungen geglaubt, dass man mit der Golgi'schen Methode wirklich auch alles darstellen und demgemäss alles sehen kann und dass man wirklich die nervösen Elemente färbt. Wohl

ist schon gegen diese Annahme Widerspruch erhoben und gezeigt worden, was ich nach Untersuchungen an Wirbellosen vollauf bestätigen kann, dass nur die Lymphräume um die Zellen und Fasern das Chromsilber aufnehmen, allein dieser Widerspruch hat wenig Beachtung gefunden. Und doch verdiente er es wohl, berücksichtigt zu werden, denn imprägniert man nur Lymphbahnen, dann hat man, zumal bei der Launenhaftigkeit der Golgi'schen Methode, gar keine Garantie, ob diejenigen schwarz gefärbten Stränge, die man abseits der Zellen im Centralnervensystem antrifft, wirklich Nervenfasern sind oder nicht.

In gleicher Weise ist auch ein Vorwurf gegen die Verwerter der Ehrlich'schen Methode zu erheben, auch hier wird ohne weiteres für nervös alles das erklärt, was sich blau färbt. So erhält man in peripheren und centralen Organen einen Reichtum an nervösen Fasern, dass man sich, namentlich bezüglich der peripheren Organe, wirklich wundern muss, wie neben den Nerven noch andere Gebilde Platz haben. Der Ausspruch von Merkel, dass es ihm auf Grund der neueren Untersuchungen ganz unmöglich sei zu erkennen, was in der Retina für nervös zu halten sei, was nicht, trifft auch meines Dafürhaltens auf das Centralnervensystem zu. Auch hier erscheint mir alles durcheinandergeworfen, es wird sicher vieles für nervös gehalten, was mit Nerven nichts zu thun hat, und event. auch umgekehrt.

a) Centralnervensystem.

§ 136. Wir besprechen zunächst die Art und Weise des Ursprunges der Nervenfasern aus den Ganglienzellen und die Verbindung der letzteren unter einander.

In dem Kapitel über das Nervengewebe haben wir erfahren, dass an den Ganglienzellen des Centralnervensystemes zweierlei Arten von Fortsätzen zu unterscheiden sind: Protoplasmafortsätze und Axencylinderfortsätze oder Nervenfortsätze.

Die letzteren, das wurde schon von ihrem Entdecker Deiters angegeben, gehen in eine periphere markhaltige Nervenfaser über oder aber, und dies ist das Novum, sie lösen sich in ein Netz auf, aus dem erst sekundär Nervenfasern sich bilden. Man hat demnach zweierlei Arten von Ganglienzellen zu unterscheiden, welche Golgi als Zellen vom Typus I und vom Typus II bezeichnet.

Die Zellen des ersten Typus — dies gilt wesentlich für die Ganglienzellen des Rückenmarkes — sind solche, deren Proto-

plasmafortsätze sich reichlich verzweigen und mit den Fasern der Neuroglia und den Blutgefässen sich verbinden sollen. Der in der Einzahl vorhandene Nervenfortsatz giebt spärliche Seitenäste ab und geht dann direkt in den Axencylinder einer peripheren Nervenfaser über. Die Seitenäste des Nervenfortsatzes gehen unter vielfacher Ramifikation in ein Netz ein, welches von den Zellen des zweiten Typus stammt.

Die Zellen des zweiten Typus haben im allgemeinen den Habitus der des ersten, auch ihre Protoplasmafortsätze vereinigen sich nach reichlicher Verästelung mit Neurogliafasern und Blutgefässen und ebenfalls besitzen sie einen Nervenfortsatz. Dieser aber wird nicht direkt zum Axencylinder einer peripheren Faser, sondern löst sich in ein die graue Substanz nicht verlassendes Nervennetz auf, zu welchem die von den Collateralen des I. Typus stammenden Fasern sich gesellen, das durch das ganze Centralnervensystem sich hinzieht und aus dem durch Vereinigung einzelner Netzfasern sekundär Axencylinder sich bilden.

Die Protoplasmafortsätze sind also nicht nervös, insofern von ihnen keine Axencylinder stammen (nervös sind sie in demselben Sinne, wie es die Zellen sind, cfr. die Auseinandersetzungen im § 63), sie sollen einen Ernährungsapparat der Ganglienzellen darstellen. Die Zellen des ersten Typus sollen nach Golgi motorische Zellen sein, weil aus ihnen die Axencylinder wirklich motorischer Fasern hervorgehen, die Zellen des zweiten Typus sollen sensible Zellen sein, denn aus dem Netze, in das sich ihre Nervenfortsätze auflösen, entstehen Nervenfasern, deren sensible Funktion nachgewiesen ist.

Dieser Golgi'schen Darstellung steht entgegen diejenige von Ramón y Cajal, dem sich Kölliker im wesentlichen anschliesst.

Cajal leugnet zunächst die Existenz des Golgi'schen diffusen Nervennetzes und erkennt demgemäss die Unterscheidung der zwei Typen nicht an. Nach diesem Autor verästeln sich die Collateralen des Nervenfortsatzes in der grauen Substanz, die Verästelungen aber enden frei. Statt wie Golgi von zwei Zelltypen zu sprechen, unterscheidet Cajal nur Zellen mit langen und solche mit kurzen Nervenfortsätzen, die teils motorische, teils sensible Funktion haben. Bei den motorischen Zellen mit langen Nervenfortsätzen geht der letztere in eine motorische periphere Nervenfaser über und endet erst in dem Muskel auf der Endplatte mit geweihartiger Ramifikation. Die langen sensiblen Nervenfortsätze stehen nur in den Spinalganglien (es handelt sich hier um die Fasern des Rückenmarkes) mit einer Ganglienzelle

in Verbindung, im Centrum endet der Nerv frei mit zahlreichen Ästchen, den von Kölliker sogenannten Endbäumchen, in der Peripherie ist die Nervenendigung ebenfalls eine freie oder aber, falls der Nerv in wirklicher Verbindung mit einer Zelle steht, so ist dieses bisher als Sinneszelle aufgefasste Gebilde als eine Ganglienzelle zu betrachten, die als Ursprungsstätte der sensiblen bez. sensorischen Faser fungiert.

Die Zellen des zweiten Typus von Golgi verhalten sich in der gleichen Weise, wie die Zellen mit langem Nervenfortsatz, nur ist der letztere hier kurz und seine frei endigende Verästigung bleibt innerhalb des Centralnervensystemes.

Die Auffassung von Kölliker deckt sich in allen Hauptsachen mit der von Ramón y Cajal, nur lässt er, während letzterer Forscher die Protoplasmafortsätze für nervös hält, die Frage, ob dies wirklich der Fall ist oder ob dieselben mit Golgi als nicht nervös zu betrachten sind, unentschieden. Darin weicht Kölliker von Golgi ab, dass er, ganz wie Deiters und Max Schultze, die reiche Verästelung der Protoplasmafortsätze beschreibend, deren Eindringen in die weisse Substanz angiebt und keine Anastomosen derselben kennt. Eine Verbindung dieser Fortsätze mit der Neuroglia und mit Blutgefässen leugnet er.

Für die Frage, die hier zu beantworten unsere Aufgabe ist, dürfte die vorstehende Skizze genügen. Wenn wir kritisch das betrachten, was über die Entstehung der Nervenfasern aus Ganglienzellen und über die eventuelle Verbindung der letzteren untereinander sicher ausgemacht ist, so werden wir uns sagen müssen, dass noch so gut wie Alles kontrovers ist.

Zunächst möchte ich, im Anschlusse an das im § 63 Gesagte, hervorheben, dass die Diskussion, ob die Protoplasmafortsätze nervös sind oder nicht, mir wenigstens eine ganz müssige zu sein scheint. Sie sind, um schon einmal Gesagtes noch einmal zu sagen, so nervös wie die Zellsubstanz der Ganglienzelle selber, sie sind nicht nervös im Sinne der Nervosität eines Axencylinders. Die ganze Streitfrage ist hauptsächlich durch den Namen „Protoplasmafortsätze“ veranlasst, der allerdings immer noch besser ist als die moderne Bezeichnung „Dendriten“, denn diese Fortsätze sind gar keine Fortsätze, also etwas von der Zelle Verschiedenes, sondern sind integrierende Bestandteile der Ganglienzellen, sind Zellsubstanz in ganz derselben Weise wie der sogenannte Zellkörper. Darum erscheint mir auch die Auffassung von Golgi, wonach die „Protoplasmafortsätze“ Ernährungsapparate

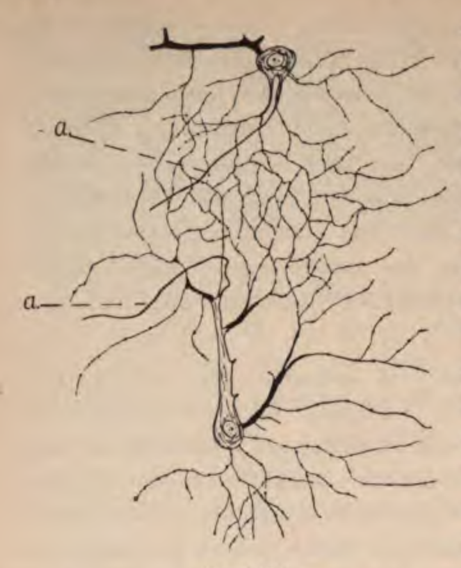
der Ganglienzellen sein sollen, ganz verfehlt. Die „Fortsätze“ ernähren die Zellen genau so, wie die Zelle die „Fortsätze“ ernährt, eine Differenz in diesem Punkte ist zwischen den einzelnen protoplasmatischen Teilen einer Ganglienzelle nicht vorhanden. Es wird die Schwierigkeit und Unklarheit, die kurz hervorgehoben wurde, am besten dadurch vermieden, dass man den Ausdruck „Protoplasmafortsätze“ (Dendriten) ganz fallen lässt und statt dessen die Ganglienzellen des Centralnervensystemes als sternförmige, keulenförmige, pyramidenförmige etc. Zellen mit einem Nervenfortsatze oder mehreren Nervenfortsätzen bezeichnet.

Das merkwürdigste Resultat ist jedenfalls die von Cajal, Kölliker u. A. behauptete freie Endigung der Nervenfasern im Centralnervensystem in Gestalt der Endbäumchen. Ob es sich hier um wirklich terminale Verhältnisse handelt oder ob nur die Methode an diesen Stellen versagt und eventuelle weitere Fortsetzungen der die Endbäumchen bildenden Fasern nicht mehr imprägniert werden, das ist eine Frage, die sich z. Z. nicht beantworten lässt. Es dürfte die Aufgabe künftiger Forschungen sein, die Existenz oder Nichtexistenz der Endbäumchen mittelst anderer, zuverlässigerer Methoden als den bisherigen festzustellen.

Golgi nimmt ein durch das ganze Centralnervensystem sich hinziehendes Nervennetz an, das durch die Seitenäste des Nervenfortsatzes der Zellen des ersten Typus und durch die Nervenfortsätze der Zellen des zweiten Typus hergestellt wird; Cajal und Kölliker leugnen dies Netz wie überhaupt jede direkte Verbindung von Ganglienzellen. Es ist also in dieser morphologisch so überaus wichtigen Frage keine Einigung bisher erzielt worden.

§ 137. Die Golgi'schen Beobachtungen, welche die früheren Angaben über ein centrales Nervennetz von J. Gerlach bestätigen und erweitern, decken sich durchaus mit dem, was bei Wirbellosen zu konstatieren ist. Béla Haller hat in der sogenannten Punktsubstanz des Gehirnes von Schnecken, ich selber habe in der Punktsubstanz des Centralnervensystemes der Muscheln ein deutliches Nervennetz nachgewiesen, das durch die Fortsätze von Ganglienzellen gebildet wird, die mit den Zellen des zweiten Golgi'schen Typus zu analogisieren sind. Von vergleichend histologischem Standpunkte aus würde also das Golgi'sche Nervennetz als nicht ohne Analogon dastehend anerkannt werden müssen.

In jüngster Zeit ist von Dogiel ein von den Zellen der Retina gebildetes Nervennetz beschrieben worden, das mit dem Golgi-



Figur 170.
Nervennetz aus der Retina des Menschen; nach A. S. Dogiel (vereinfacht).
a = Axencylinderfortsätze.

sehen nur die Form, nicht aber den Ursprung gemein hat. Denn dieses retinale Nervennetz wird hauptsächlich durch die Ramifikationen der sogenannten Protoplasmafortsätze der Ganglienzellen gebildet und nur wenig durch die in dasselbe eintretenden Collateralen verstärkt. Die Protoplasmafortsätze zerfallen sehr schnell in feine varikõse Reiserchen, oder wie wir richtiger sagen müssten, von den verästigten Zellen gehen feine varikõse Fasern ab, die sich keineswegs bloss netzartig umeinander winden, sondern sich teilen und mit benachbarten und gegenüberliegenden Reiserchen auf das innigste vereinigen. Aus diesem Netze entstehen wiederum Nervenfasern.

Etwas ähnliches habe ich im Kleinhirn des Kaninchens gesehen. Von den sogenannten Protoplasmafortsätzen der Purkinje-schen Zellen gehen zarte Fäden aus, welche sich vielfach teilen, mit benachbarten und gegenüberliegenden ähnlichen Fäden verschmelzen und so ein Nervennetz herstellen, dessen im allgemeinen längliche Maschen in der Verlaufsrichtung der „Protoplasmafortsätze" orientiert sind. In dem Netze liegen zahlreiche Ganglienzellen, die in der Nähe der Purkinje'schen Zellen ziemlich gross sind, gegen die Pia hin aber kleiner werden. Von den ersteren in das Netz eingeschalteten Zellen gehen, wie dies auch in der Figur 171 ersichtlich, Nervenfortsätze direkt durch das Netz hindurch, quer zur Längsaxe der „Protoplasmafortsätze", und ausserdem Fortsätze ab, die sich an der Bildung des Netzes beteiligen. Von den kleineren Zellen



Figur 171.
Nervennetz aus der Kleinhirnrinde des Kaninchens.
Oben die Pia, rechts ein Gefäss.

entfernen sich direkt keine Nervenfortsätze (Axencylinderfortsätze), sondern es ist nur eine Art von Fortsätzen vorhanden, die sich am Aufbau des Netzes beteiligt, und zwar ist der Zusammenhang der Fortsätze dieser grosskernigen Zellen mit dem Netze ein so inniger, dass die Fortsätze als solche nur dicht an den Zellen unterschieden werden können.

Die Fasern, welche das Netz bilden, stammen zum Teil von den „Protoplasmafortsätzen" der Hirschgeweihzellen, sie werden also nach der üblichen Nomenklatur als protoplasmatische zu bezeichnen sein. In gleicher Weise sind die Fortsätze der in das Netz interpolierten kleinen strahligen Zellen zu deuten, letztere haben keinen Nervenfortsatz und sind daher in dem Sinne, wie ich ihn in § 63 erläutert habe, als apolare Zellen zu betrachten. Wie und ob aus diesem Netze der Kleinhirnrinde sich sekundär Axencylinder absondern, darüber kann ich nichts sagen.

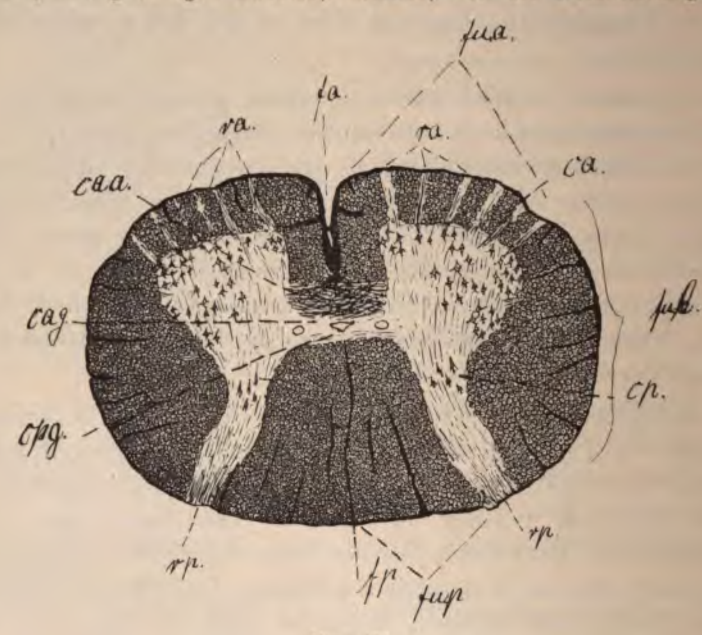
Beiläufig möchte ich bemerken, dass dieses Netz in der Kleinhirnrinde mit der Golgi'schen Methode bisher nicht dargestellt wurde; man hat vielmehr nur die verschiedenen Zellen in der molekularen Schicht der Rinde gesehen, die reichen Verästelungen der „Protoplasmafortsätze" der Purkinje'schen Zellen beschrieben und manches Interessante über den Faserverlauf gefunden. Das lehrt doch deutlich, dass die Golgi'sche Methode, so gut sie sonst sein mag, nicht Alles zur Anschauung bringt und dass es daher ratsam ist, die Resultate, die man mit dieser Methode erzielt, nicht so ohne weiteres als allein ausschlaggebend zu betrachten, wie dies bisher geschehen.

Ist das Golgi'sche Nervennetz wirklich vorhanden — und es scheint mir, dass die gegen seine Existenz vorgebrachten Gründe nicht stichhaltig seien —, dann kämen also zwei völlig von einander verschiedene Netze im Centralnervensystem vor, deren eines durch die Verästelungen der Nervenfortsätze, deren anderes durch die Verästelungen der „Protoplasmafortsätze" entsteht. Die Zukunft wird entscheiden müssen, was an alle dem, das hier vorgebracht wurde, richtig ist, und die Zukunft wird uns auch hoffentlich definitive Klarheit über die eventuelle Verbindung der Zellen unter einander und über die Entstehung der Nervenfasern im Centralapparate bringen; zur Zeit muss unser Verdikt lauten: non liquet.

§ 138. Wir gehen nunmehr dazu über, den feineren Bau der Teile des Centralnervensystems zu erörtern, und wollen uns dabei auf Rückenmark, Kleinhirnrinde und Grosshirnrinde beschränken.

I. Rückenmark, Medulla spinalis.

Das im Wirbelkanal gelegene Rückenmark ist ein cylindrisch gestaltetes, strangförmiges Gebilde, welches, wie die Betrachtung eines



Figur 172.

Querschnitt durch das Halsmark des Menschen.
ca = Cornua anteriora; *cp* = Cornua posteriora; *caa* = Commissura anterior alba; *cag* = Commissura anterior grisea; *cpg* = Commissura posterior grisea; *ra* = Radix anterior; *rp* = Radix posterior; *fua* = Funiculus anterior; *ful* = Funiculus lateralis; *fup* = Funiculus posterior; *fa* = Fissura anterior; *fp* = Fissura posterior.

Querschnittes mit blossem Auge lehrt, aus zwei Substanzen besteht, deren eine von graurötlicher Farbe ist, während die andere weiss erscheint. Jene wird graue Substanz, Substantia grisea, diese weisse Substanz, Substantia alba, genannt. Die graue Substanz ist die innere uud wird von allen Seiten von der weissen umgeben. Die Gestalt der grauen Substanz ist eine ganz charakteristische; sie gleicht einem breit oder schief gezogenen H oder kann besser mit einem Schmetterlinge verglichen werden. Die Vorderflügel der Schmetterlingsfigur sind breit, die Hinterflügel schmal; die Gestalt der Figur ist in den verschiedenen Abschnitten des Rückenmarkes (Cervical-, Dorsal-, Lumbalmark) eine verschiedene. Die Vorderflügel der Schmetterlingsfigur heissen Vorderhörner, Cornua anteriora, die Hinterflügel werden Hinterhörner, Cornua posteriora, genannt; letztere sind von einer gelatinösen Schicht umgeben, der Substantia gelatinosa Rolandi (in der Figur 172 war diese

Schicht nicht darstellbar). Die Bezeichnung Vorder- und Hinterhörner ist vom menschlichen Rückenmarke entnommen, bei den Tieren sind die Vorderhörner ventral, die Hinterhörner dorsal gelegen, ein Verhältnis, das ohne weiteres klar sein dürfte. Die beiden Schmetterlingsflügel der grauen Substanz bez. die beiden Schenkel des H sind durch einen queren Strang verbunden, in dessen Mitte ein das ganze Rückenmark durchziehender Kanal vorhanden ist, der Canalis centralis. Dieser Kanal, zu dessen beiden Seiten stets je ein grösseres Blutgefäss gelegen ist (cfr. Figur 172), ist mit einem cylindrischen, ursprünglich wimpernden Epithel ausgekleidet. Beim Menschen, namentlich bei älteren Individuen, ist der Kanal oft obliteriert und wurde früher in diesem Zustande als centraler Ependymfaden bezeichnet. Der Kanal teilt jenen queren Verbindungstrang in zwei ungleiche Partieen, in eine vordere ventrale und eine hintere dorsale Kommissur. Letztere, die Commissura posterior, wird nur von grauer Substanz gebildet, erstere die Commissura anterior, besteht wiederum aus zwei ungleichen Abschnitten, von denen der dem Centralkanal anliegende schmalere von grauer Substanz gebildet ist, Commissura anterior grisea, während der von diesem nach vorn (ventral) gelegene von sich kreuzenden markhaltigen Nervenfasern zusammengesetzt und deswegen Commissura anterior alba genannt wird.

Von den Vorderhörnern gehen ab, die weisse Substanz durchsetzend, die vorderen (ventralen) Nervenwurzeln, Radices anteriores, von den Hinterhörnern entspringen, oder wie es richtiger, bei Berüksichtigung der physiologischen Dignität dieser Gebilde, heissen müsste, in die Hinterhörner treten ein die hinteren (dorsalen) Nervenwurzeln, Radices posteriores. Nach dem von Johannes Müller bewiesenen Bell'schen Lehrsatze sind die vorderen Nervenwurzeln die motorischen, die hinteren die sensiblen.

In Folge des Durchtrittes beider Wurzelpaare und durch die Existenz zweier Spalten wird die graue Substanz in drei Abteilungen oder Stränge zerlegt. Von den beiden Spalten, die durch Fortsätze der weichen Hirnhaut, Pia mater, ausgefüllt werden, reicht die vordere (ventrale), Fissura anterior, welche zugleich die breitere aber flachere ist, bis zur weissen Kommissur, während die hintere (dorsale), schmalere und tiefere Spalte, Fissura posterior bis zur hinteren grauen Kommissur sich erstreckt. Zwischen der vorderen Fissur und dem lateralen Ende der vorderen Wurzel liegt der vordere (ventrale) weisse Strang, Funiculus anterior, zwischen vorderer und hinterer Wurzel ist der Seitenstrang, Funiculus lateralis,

gelegen und zwischen hinterer Wurzel und hinterer Fissur findet sich der Hinterstrang, Funiculus posterior. Im Cervicalteile des Rückenmarkes erscheint die innerste hintere Partie des letzteren besonders abgegrenzt und wird Goll'scher Strang genannt.

Graue wie weisse Substanz enthalten ein bindegewebiges Gerüst, die sogenannte Neuroglia, in deren Netzwerke Zellen und Fasern liegen; über dieselbe soll später gehandelt werden. Unterschieden sind die beiden Substanzen des Rückenmarkes einmal durch einen verschiedenen Gehalt an Blutgefässen und dann dadurch, dass in der grauen Substanz vorwiegend, wenn nicht ausschliesslich, die zelligen Elemente des Nervensystemes gelegen sind, während die weisse Substanz aus markhaltigen Nervenfasern besteht. Der Markgehalt des letzteren ist die Ursache der weissen Farbe der Rückenmarksstränge; auf einem Querschnitte durch das Organ sieht man als Hauptbestandteil dieser Substanz Nervenfasern, die sich in Karminpräparaten als die sogenannten Sonnenbildchen darstellen, in deren Centrum der rotgefärbte Axencylinder gelegen ist, welchen das farblos gebliebene Nervenmark in manchmal konzentrischer Schichtung umgiebt.

Die graue Substanz enthält die Ganglienzellen, aus denen entweder direkt oder indirekt, wie das früher auseinander gesetzt wurde, die Nervenfasern in die vorderen bez. hinteren Wurzeln eintreten. Die Zellen, die in den Hinterhörnern gelegen sind und die als Ursprungsstätten der sensiblen Wurzelfasern zu deuten sind (contra Cajal), sind klein und schwer zu sehen, die Zellen der Vorderhörner sind gross und lassen, wie allseitig zugegeben, die motorischen Nerven entstehen. Auf Querschnitten durch das Rückenmark, die nach einer der gewöhnlichen Methoden gefärbt sind, treten daher die motorischen Vorderhornzellen sehr deutlich hervor, besonders bei den Ruminantien, bei welchen sie oft eine riesige Grösse erreichen. Vor längerer Zeit hat Pierret darauf aufmerksam gemacht, dass diejenigen Partieen der Vorderhörner, welche sehr mächtigen motorischen Nerven (Arm- und Beinnerven) zum Ursprunge dienen, grössere motorische Zellen besitzen als jene Partieen, von denen schwache Nerven entspringen. Mit anderen Worten also: die Grösse der motorischen Vorderhornzellen und die Kraft der von ihnen innervierten Muskeln sind direkt proportional.

Man kann nun schon bei schwacher Vergrösserung eine besondere Gruppierung der Ganglienzellen der Vorderhörner erkennen. Man sieht in der äusseren und der inneren Ecke dieser Partie besonders dichte Zellanhäufungen, welche die eigentlichen Vorder-

hörner darstellen. Mehr lateralwärts, etwa kurz vor der Einbiegung zum Hinterhorn, findet sich wiederum eine Zellanhäufung, welche von Waldeyer als Mittelhorn bezeichnet wird.

§ 139. Nachdem wir so die mehr groben histologischen Verhältnisse des Rückenmarkes kennen gelernt haben, soll jetzt das Verhalten der Zellen zu den Nervenfasern, d. h. die Faserung des Organes beschrieben werden. Die Ansichten, die hierüber vorliegen, sind die Resultate von Untersuchungen, die fast ausschliesslich mittelst der Golgi'schen Methode gewonnen wurden, man wird daher gut thun, dieselben nur als provisorische zu bezeichnen und abzuwarten, ob und wie weit mit etwaigen besseren Methoden eine Bestätigung derselben erfolgt.

Hauptsächlich sind für die jetzt zu erörternden Verhältnisse von Bedeutung die Arbeiten von Ramón y Cajal. Nach diesem Forscher sind im Rückenmarke vier Arten von Zellen zu unterscheiden, nämlich 1) Nervenwurzelzellen, 2) Strangzellen, 3) Kommissurenzellen und 4) die Hinterhornzellen. Die Nervenwurzelzellen sind die Ursprungsstätten von Nervenfortsätzen (Axencylinderfortsätzen), welche direkt in die markhaltige Nervenfaser einer vorderen (ventralen) Nervenwurzel übergehen.

Als Strangzellen werden solche Zellen bezeichnet, die, in allen Teilen der grauen Substanz gelegen, Nervenfortsätze entsenden, die in die markhaltigen Nervenfasern der Rückenmarksstränge (Vorder-, Seiten- und Hinterstränge) derselben Seite übergehen, und zwar in eine oder in mehrere Nervenfasern mit direkter Umbiegung oder durch T-förmigen Ansatz.

Kommissurenzellen sind diejenigen Zellen, deren Nervenfortsätze durch die weisse Kommissur zu den Vorderseitensträngen der entgegengesetzten Seite, also unter Kreuzung, übertreten. Auch hier ist entweder eine einfache Umbiegung vorhanden oder aber es setzt sich der Nervenfortsatz an eine oder mehrere markhaltige Fasern der Vorderseitenstränge T-förmig an. Die Hinterhornzellen sind sensible Zellen, ihre Nervenfortsätze endigen frei in der grauen Substanz, sie treten weder direkt noch indirekt mit Nervenfasern in Verbindung. Diese letzteren Zellen sind die des Typus II von Golgi, dessen abweichende Angaben über das Verhalten derselben oben erwähnt wurden. Endlich ist noch eine Art Ganglienzellen, die im Vorderhorn gelegen ist, zu erwähnen. Der Nervenfortsatz dieser Zellen geht direkt in eine Nervenfaser der hinteren Wurzel über und durchsetzt das Spinalganglion, ohne

hier mit einer der Ganglienzellen sich zu verbinden. Bisher sind solche Zellen nur beim Hühnchen gefunden worden.

Die Zellen 1—3 haben wesentlich mit den motorischen Fasern zu thun, der Verlauf der sensiblen Fasern ist ein anderer. Von der Peripherie, wo sie mit freien Endbäumchen beginnen, streben sie aufwärts und treten in das Spinalganglion, eine der hinteren Wurzel eigentümliche Anschwellung, ein. Hier gehen sie zu der Spinalganglienzelle, welche als unipolare Zelle zu betrachten ist, deren Fortsatz sich T-förmig teilt. Die eine Hälfte des wagerechten Schenkels des T haben wir eben kennen gelernt, die andere wendet sich aufwärts zum Rückenmarke, der senkrechte Schenkel des T steht mit der Ganglienzelle in Verbindung; der aufwärts steigende hat folgendes Schicksal. Er wird zur Faser der hinteren Wurzel und teilt sich bei seinem Eintritte in's Rückenmark unter spitzem Winkel in zwei Äste, die in der Längsaxe des Organes nach aufwärts bez. abwärts verlaufen. Von den Teilungsästen und von den Wurzelfasern selber gehen unter rechtem Winkel Äste ab, die ebenfalls als Collateralen bezeichnet werden, und zwar heissen die von den Teilungsästen stammenden Ast-Collateralen, die von den Wurzelfasern sich direkt abzweigenden Stamm-Collateralen. Das endliche Schicksal der in der Längsaxe des Rückenmarkes auf- und absteigenden Äste der Wurzelfasern ist nicht bekannt, die Collateralen enden mit Endbäumchen in der grauen Substanz, und zwar sowohl in der Nähe der sensiblen wie der motorischen Zellen. Die Reiserchen der Endbäumchen sind mit feinen Knöpfchen versehen. Wir haben also zwei Arten von Endbäumchen, die centralen in der grauen Substanz gelegenen und die peripheren, die sich als sogenannte freie Endigungen der sensiblen und als Endplatte der motorischen Nerven darstellen.

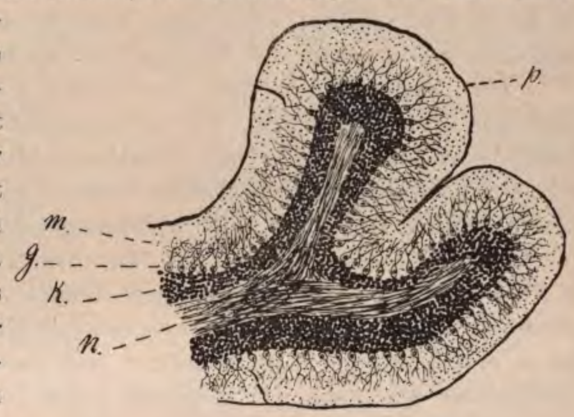
Die vorstehenden Angaben dürften genügen, um ein Bild davon zu geben, wie man gegenwärtig sich den Aufbau des Rückenmarkes auf Grund der mit der Golgi'schen Methode gewonnenen Resultate vorstellt; auch hier möchte ich hinzufügen, dass es Aufgabe der zukünftigen Forschung sein wird, das Richtige in diesen Vorstellungen zu erkennen und die Spreu vom Weizen zu sondern.

2. Kleinhirn, Cerebellum.

§ 140. Auf einem Durchschnitte durch das Cerebellum eines Säugetieres erkennt man wie beim Rückenmarke eine Zusammensetzung aus zwei Substanzen, einer grauen und einer weissen, doch ist die Lagerung beider hier eine andere. Die weisse Substanz,

deren Farbe durch den Markgehalt der sie zusammensetzenden Nerven bedingt wird, ist die central, die graue Substanz ist die peripher gelegene, jene heisst daher Marksubstanz, diese Rinde. Die Marksubstanz des Kleinhirns zeigt auf einem senkrecht durch die Medianlinie des Organes geführten Schnitte das Aussehen eines reich verzweigten Baumes und sie wird deswegen auch Lebensbaum (Arbor vitae) genannt. Den Ästen sitzt dicht auf die graue Substanz, die daher vielfache Windungen erkennen lässt. Aussen ist das Kleinhirn von der Pia mater überzogen.

Bei mikroskopischer Betrachtung eines feinen Durchschnittes durch das Cerebellum erkennt man eine regelmässige Schichtung der grauen Rinde. Zu innerst, der Marksubstanz oder weissen Substanz, in deren vorderen inneren Teile der Nucleus dendatus gelegen ist (cfr. die Lehrbücher der Anatomie), dicht aufliegend findet sich die Körnerschicht. Dieselbe besteht aus ausserordentlich zahlreichen, dicht nebeneinander liegenden kreisrunden Gebilden, die sich in Hämatoxylin sehr intensiv färben. Darauf folgt nach aussen, durch eine Schicht quer tangential verlaufender Nervenfasern getrennt, die Schicht der Purkinje'schen Zellen, welche stets in einfacher Reihe nebeneinander liegen. Die sogenannten Protoplasmafortsätze dieser Zellen verästeln sich in der dritten, äussersten Schicht, welche dicht unter der Pia gelegen ist; diese Schicht heisst die molekulare Schicht. Bei Anwendung sehr schwacher Linsensysteme erkennt man in ihr die Verästelungen der Purkinje'schen Zellen und zahlreiche kleine, intensiv gefärbte Kerne, welche in einer fast homogen erscheinenden Grundsubstanz sich finden. Bereits früher, bei Besprechung des Nervennetzes in § 137, wurde gezeigt, dass diese Kerne zu Ganglienzellen gehören, welche in das Nervennetz interpoliert sind, das durch die von den „Protaplasmafortsätzen" der Purkinje'schen Ganglienzellen entspringenden Fasern gebildet wird. Bei jener Gelegenheit



Figur 173.
Schnitt durch die Kleinhirnrinde des Kaninchens.
n = Nervenfaserschicht; k = Körnerschicht; g = Ganglienzellenschicht; m = Molekularschicht; p = Pia mater.

ist auch die feinere Struktur der Molekularschicht bereits erörtert worden, so dass uns hier nur noch übrig bleibt, die Bedeutung der „Körner“ in der Körnerschicht und den Verlauf und Ursprung der Nervenfasern zu erörtern.

Bezüglich der Körner hatten bereits vor längerer Zeit J. Gerlach und Waldeyer angegeben, dass dieselben grösstenteils zelliger und nervöser Natur seien, was die neueren Untersuchungen durchaus bestätigt haben. Man kann unter ihnen kleinere und grössere Zellen unterscheiden; die kleineren senden ihren Nervenfortsatz in die Molekularschicht, wo er sich, wie Längsschnitte lehren, T-förmig teilt, während die „Protoplasmafortsätze“ innerhalb der Körnerschicht sich ramifizieren. Die grösseren Zellen sollen mit ihren „Protoplasmafortsätzen“ sich in der Molekularschicht verzweigen, während der Nervenfortsatz in Endbäumchen innerhalb der Körnerschicht zerfällt.

Der Axencylinderfortsatz der Purkinje'schen Zellen giebt innerhalb der Körnerschicht, wie dies ebenfalls bereits Waldeyer früher beobachtet, einige wenige Collateralen ab, von denen einzelne zur Molekularschicht zurückkehren sollen, während der Stammfortsatz zum Axencylinder einer markhaltigen Nervenfaser wird. In der Molekularschicht kommen, wie dies bereits hervorgehoben und in Figur 171 abgebildet ist, zahlreiche Ganglienzellen vor, die sich bei Anwendung schwacher Linsensysteme als Kerne dokumentieren. Es ist dies Verhalten dadurch bedingt, dass der Kern im Vergleich zum Zellleib sehr gross ist. Ebenfalls wurde bereits hervorgehoben, dass unter diesen Zellen die grösseren, die zugleich in der Nähe der Purkinje'schen Zellen gelegen sind, Axencylinderfortsätze besitzen, die quer zur Verlaufsrichtung der Ramifikationen der Purkinje-schen Zellen dahin ziehen. Von diesen Axencylinderfortsätzen gehen feine Fasern ab, welche die Leiber der Purkinje'schen Zellen umspinnen, ohne mit denselben in Verbindung zu treten. Es sind dies die von Kölliker so benannten Faserkörbe.

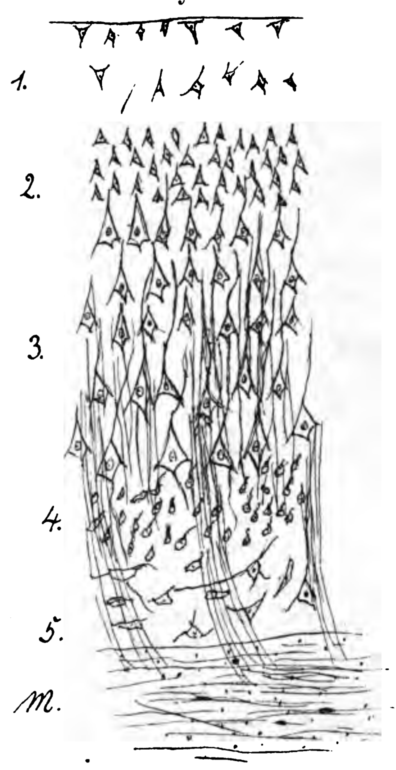
Auf Grund der Golgi'schen Methode wird also auch hier eine direkte Verbindung von Ganglienzellen geläugnet, die doch, wie anders hergestellte Präparate lehren, durch Vermittelung eines reichen Netzes thatsächlich existiert.

3. Grosshirn, Cerbrum.

§ 141. Wie beim Kleinhirn, so ist auch beim Grosshirn in der Rinde die Verteilung von grauer und weisser Substanz derartig, dass die graue aussen, die weisse innen liegt. Die graue Substanz zeigt, entsprechend der Gestaltung der Gyri, zahlreiche Windungen

und liegt der weissen Substanz dicht auf; aussen ist die Hirnrinde von der Pia mater überzogen, von welcher in das Gehirn zahlreiche Gefässe eindringen. In dem von der Neuroglia gebildeten Stützgewebe liegen zahlreiche Ganglienzellen und Nervenfasern, über deren Gruppierung zuerst Meynert uns Aufschluss gegeben hat. Die Ganglienzellen der Grosshirnrinde sind die von Meynert zuerst beschriebenen Pyramidenzellen.

Das Meynert'sche Schema für den Bau der Grosshirnrinde ist folgendes: Zu äusserst, dicht an der Pia, findet sich eine Lage kreuz und quer verlaufender Nervenfasern. Dann folgt die erste Schicht von Meynert (in Figur 174 mit 1 bezeichnet), deren Entwickelung beim Menschen nur gering, während sie bei Säugern ziemlich stark ist. Sie enthält nur wenige Ganglienzellen und besteht hauptsächlich aus Neuroglia. Die zweite Schicht (Figur 174, 2) wird von zahlreichen kleinen pyramidenförmigen Ganglienzellen gebildet. Die dritte Schicht besteht (Figur 174, 3) aus grossen pyramidenförmigen Zellen, die weiter liegen, als die der vorigen Schicht. Der Spitzenfortsatz aller Pyramidenzellen, der ein sogenannter „Protoplasmafortsatz" ist, ist gegen die Rinde, die drei basalen Fortsätze sind gegen die Marksubstanz gerichtet. Es folgt die vierte Schicht (Figur 174, 4) welche aus rundlichen, kleinen Zellen besteht, deren Fortsätze nur schwer zu erkennen sind. Die fünfte Schicht endlich (Figur 174, 5) wird von spindelförmigen Zellen mit fadenförmigen Ausläufern gebildet. Auf diese Zelllagen folgen die markhaltigen Nervenfasern der weissen Substanz, die in die Rinde aufsteigen, bez. aus der Rinde in die weisse Substanz sich hineinbegeben (Figur 174, m.).



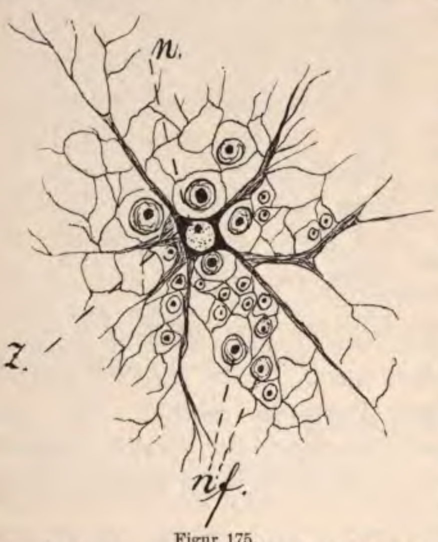
Figur 174.
Schema des Baues der Grosshirnrinde vom Menschen; nach Meynert.
Über die Bezeichnung cfr. Text.

Auch hinsichtlich der Grosshirnrinde haben die Untersuchungen, welche mit der Golgi'schen Methode angestellt wurden, manches

ergeben, was modifizierend auf unsere bisherigen Anschauungen einwirkt. Nach Ramón y Cajal, dessen Darstellungen stets am weitesten gehen, sollen in der Grosshirnrinde drei Formen von Zellen zu unterscheiden sein, nämlich in den oberen, d. h. äusseren Partieen der Rinde spindelförmige polyedrische Zellen, dann die grossen Pyramidenzellen und endlich am nächsten zur Marksubstanz dreieckige oder spindelförmige Zellen. Die Axencylinderfortsätze der Pyramidenzellen, welche Collateralen abgeben — die Entdeckung der Collateralen überhaupt stammt von Golgi — gehen entweder in die Axencylinder der longitudinalen markhaltigen Nervenfasern über oder sie begeben sich zu Balkenfasern und verlaufen hier gekreuzt oder ungekreuzt. Die von den am tiefsten gelegenen Zellen der Rinde entspringenden Nervenfortsätze verlaufen zunächst in der Richtung gegen die Marksubstanz, biegen dann aber nach aufwärts zur Rinde wieder um und werden hier zu den zu äusserst unter der Pia gelegenen Nervenfasern, deren oben gedacht wurde. In die gleiche Faserlage begeben sich die Nervenfortsätze der oberflächlich gelegenen polyedrischen Ganglienzellen.

Die Neuroglia.

§ 142. Das neurogliöse Gewebe ist bereits im Kapitel über die Bindesubstanzen erörtert und dort auch hervorgehoben worden, dass dasselbe ontogenetisch nicht zu den Bindesubstanzen, sondern zu den Epithelgeweben zu rechnen ist, wenigstens ektodermalen Ursprunges ist. Wir wollen hier die Beziehungen dieses Gewebes zu den Elementen des Centralnervensystems besprechen.



Figur 175.
Gliazelle aus der weissen Substanz des Rückenmarks vom Menschen.
z = Zelle; n = Kern derselben; nf = Nervenfasern.

Auf Schnitten durch das Rückenmark des Menschen, die mit Kernschwarz behandelt sind, erkennt man — um zunächst die Form der die Neuroglia zusammensetzenden Zellen zu erledigen — in der weissen Substanz Zellen mit grossem bläschenförmigem Kerne und spärlichem Protoplasmaleibe von unregelmässig sternförmiger Gestalt. Von diesen Zellen gehen zahlreiche Fortsätze nach verschiedenen Seiten ab, welche deutlich faserig sind. Diese Fortsätze wiederum senden

nach allen Seiten zarte Reiser aus, die sich vielfach untereinander verknüpfen, sich teilen und sich mit den Reisern, die von anderen Zellen stammen, vereinigen. So entsteht ein Netz von sehr ungleich weiten und ungleich gestalteten Maschen, in welchen die markhaltigen Nervenfasern der weissen Rückenmarksstränge gelegen sind. Diese Zellen sind die Spinnenzellen von Jastrowitz. Es wird hier ein Zusammenhang der Spinnenzellen behauptet, wie dies von Ranvier u. A. bereits ebenfalls geschehen ist; diese Behauptung steht im Gegensatze zu dem, was die Präparate mit Golgi'scher Methode lehren, nach denen die Verhältnisse folgendermaassen liegen.

Dicht dem Centralkanale anliegend und diesen sowie ebenso die mit dem Centralkanale zusammenhängenden Ventrikel begrenzend liegen die Epithelzellen, Neuroepithel- oder Ependymzellen genannt. Diese stellen das erste zellige Element der Neuroglia vor. Die Zellen senden von der Kanal- bez. Ventrikelwand radiär durch Gehirn und Rückenmark Fortsätze hindurch, die sich teilen, nirgends mit einander in Verbindung stehen sollen und dicht unter der Pia nach Retzius hakenförmig enden. In der Gegend der vorderen und hinteren Rückenmarksfurche sind diese radiären Ausläufer besonders dicht und bilden hier das vordere bez. hintere Keilstück von Retzius.

Ausserdem kommen noch oberflächliche und tiefe Gliazellen vor, welche mit den Spinnenzellen von Jastrowitz identisch sind. Jene finden sich ziemlich an der äusseren Fläche und stehen in Verbindung mit der Pia, so namentlich im Kleinhirn, wie dies Franz Eilhard Schulze beschrieben hat, die tiefen Zellen gleichen den vorhin nach einem Schnittpräparate beschriebenen und in Figur 175 abgebildeten. Weder die tiefen noch die oberflächlichen Gliazellen gehen irgend welche Verbindungen mit einander ein.

In der grauen Substanz ist das Gerüstwerk, welches von den Neurogliazellen hergestellt wird, sehr zart, in der weissen Substanz ist es derber.

Die Blutgefässe des Centralnervensystems.

§ 143. Die Blutgefässe dringen von der weichen Hirnhaut aus in die einzelnen Teile des Gehirns und Rückenmarkes ein und bilden in der grauen Substanz ein engmaschiges, in der weissen ein weitmaschiges Capillarnetz, die unter einander zusammenhängen. Ueber dem Centralkanale des Rückenmarkes findet sich jederseits eine Vene. Blutgefässe und Ganglienzellen liegen in Lymphräumen, welch letztere an Präparaten, in denen die Zellen etwas geschrumpft sind, deutlich

hervortreten. Die Lymphräume der Blutgefässe sind zwischen Adventitia und Media vorhanden und heissen adventielle Lymphräume; die von His beschriebenen perivasculären Lymphräume, welche zwischen Nervensubstanz und Adventitia vorkommen sollen, sind Kunstprodukte.

In die Ventrikel des Gehirnes reichen Fortsetzungen der weichen Hirnhaut hinein, welche Gefässplatten oder Telae chorioideae genannt werden. Von ihnen gehen aus die Adergeflechte oder Plexus chorioidei, die aus sehr zahlreichen, wie Papillen erscheinenden Gefässverzweigungen bestehen, zwischen denen in spärlicher Menge eine helle Zwischensubstanz vorkommt. Sie werden in einfacher Lage von einem kubischen Epithel überzogen, welches Pigment enthält. In den Plexus kommen beim Menschen geschichtete Körnchen von kohlensaurem Kalk, der Gehirnsand, vor; sie sind stets besonders reichlich im Conarium.

Die Hirnhäute.

§ 144. Bezüglich des anatomischen Verhaltens der drei das Centralnervensystem umhüllenden Häute wird auf die Lehrbücher der Anatomie verwiesen, über die histologische Beschaffenheit derselben ist Folgendes anzumerken.

Die harte Haut, Dura mater, die äusserste der drei Häute, ist eine bindegewebige Haut, welche zahlreiche feine elastische Fasern enthält. Die Dura des Gehirns besitzt zahlreiche Nerven, während die des Rückenmarkes daran etwas ärmer ist, ausserdem enthält sie sehr viel Lymphgefässe. Ihre Innenfläche besitzt in einfacher Schicht Endothelzellen.

Die nächstfolgende Haut, die Arachnoidea oder Spinnwebenhaut, ist von der Dura durch den Subduralraum getrennt. Die Arachnoidea ist eine dünne, sehr zarte Membran, welche am Rückenmarke nur lose mit der darunter gelegenen Pia durch viele Bindegewebsstränge zusammenhängt, wodurch der sogenannte Subarachnoidealraum entsteht, während sie am Gehirn vielfach mit der Pia verwachsen ist, ohne mit der letzteren in die Furchen des Gehirnes sich einzusenken. Es entstehen dadurch zahlreiche Unterarachnoidealräume. Die Arachnoidea besteht aus Bindegewebsfibrillenbündeln, die mit endothelartigen Zellen bekleidet sind; an Gefässen ist diese Haut sehr arm.

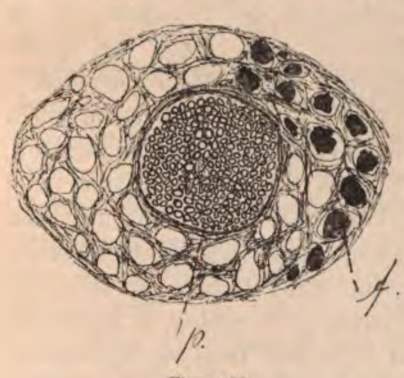
Die innerste Haut ist die weiche Hirnhaut oder Pia mater. Sie liegt dem Gehirn wie dem Rückenmarke eng an, senkt sich in alle Furchen ein und ist eine bindegewebige, mit elastischen Fasern durchsetzte Membran. Die Pia ist die Trägerin aller Blutgefässe des Centralnervensystems.

b) Peripheres Nervensystem.

§ 145. Die Gebilde, aus denen das periphere Nervensystem besteht, sind die markhaltigen Nerven mit den Nervenendigungen und die sympathischen Nerven. Die Nervenendigungen sind je nach der Natur der Nerven verschieden, und zwar differieren die Endigungen der motorischen von denen der sensiblen und der sensorischen. Die motorischen Endigungen sind bereits bei Beschreibung des Bewegungssystems abgehandelt, den sensorischen Endigungen soll das Kapitel über die Sinnesorgane gewidmet sein, über die sensiblen Endigungen wird das Nötige hier gesagt werden. Eines der Sinnesorgane, die Haut, enthält nur sensible Endigungen, doch verlangt der komplizierte Bau dieses Organsystemes eine besondere Besprechung.

Die Elemente, welche die markhaltigen Nerven zusammensetzen, sind beim Kapitel „Nervengewebe" eingehend bereits gewürdigt worden. Wir haben dort kennen gelernt, dass jeder Nerv aus einzelnen Fasern ziemlich komplizierter Struktur besteht; unsere jetzige Aufgabe ist es zu zeigen, wie die einzelnen Fasern zu den makroskopisch wahrnehmbaren Nerven zusammengefasst sind.

Bei dem Versuche, die markhaltigen Nervenfasern zu isolieren, muss man stets eine Menge Bindegewebe entfernen, welches die Nerven umhüllt und in sie eindringt: durch Bindegewebe, und zwar durch lockeres, werden also die Nervenfasern zu Nerven zusammengefasst. Auf Querschnitten durch gehärtete Nerven lassen sich die Beziehungen beider Gewebsarten zu einander, des Nerven- und des Bindegewebes, am besten studieren. Wir erkennen in solchen Präparaten, dass jeder Nerv aus einem oder mehreren Bündeln von Nervenfasern besteht, die von einer gemeinsamen Hülle umgeben sind. Diese Hülle heisst perifasciculäres Gewebe oder Epineurium und kann häufig Fett enthalten. Das Epineurium ist von den Nerven selber noch durch eine blättrige elastische Scheide getrennt, welche den Nervenfaserbündeln dicht aufliegt. Diese wird Perineurium genannt; sie hat an ihrer inneren Fläche einen ein-



Figur 176.
Querschnitt durch den Nervus recurrens des Kaninchens; Osmiumpräparat.
p = Perineurium; f = Fett; (nicht in allen Maschen gezeichnet).

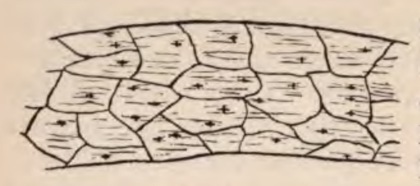
fachen Endothelbelag. In das Innere der Nervenfaserbündel dringen Bindegewebssepta ein, welche kleinere Bündel abtrennen und auch zwischen die einzelnen Nervenfasern sich begeben; diese Septa werden intrafasciculäres Gewebe oder Endoneurium benannt.

Wenn der Nerv nur aus einem einzigen Faserbündel besteht, dann ist die perineuriale Scheide relativ schwach ausgebildet, wenn mehrere Faserbündel vorhanden sind, ist dagegen die perineuriale Scheide sehr entwickelt. Welch mächtige Ausdehnung das Perineurium gewinnen kann, zeigt die Figur 177, welche nach einem Querschnitte durch den Nervus recurrens vom Pferde gezeichnet ist. Hier sind die Intervalle zwischen den einzelnen Faserbündeln durch die starken perineurialen Scheiden ausserordentlich gross; im Perineurium liegen hier zahlreiche Blutgefässe.



Figur 177.
Querschnitt durch den Nervus recurrens des Pferdes; Müllerpräparat.

Bei sehr zarten Nerven, die mit Höllensteinlösung behandelt wurden, erkennt man auf dem Epineurium die bekannte Silberzeichnung der Endothelzellen, so z. B. an den Hautnerven des Frosches. Es ist also der ganze Nerv von einem äusseren Endothelrohr umgeben.

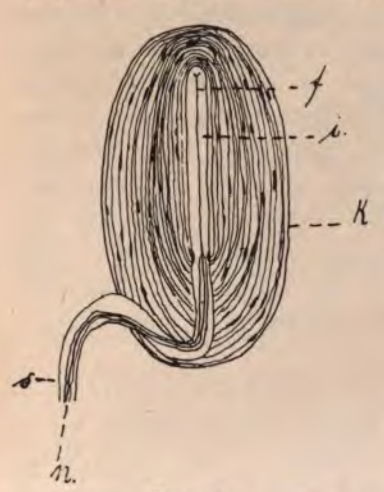


Figur 178.
Hautnerv des Frosches; Silberpräparat.

§ 146. Die sensiblen Nervendigungen, mit denen allein wir uns hier beschäftigen wollen, sind entweder freie Endigungen, oder bestimmte Terminalgebilde. Es ist ein Verdienst von Cohnheim, zuerst den Nachweis erbracht zu haben, dass an vielen Stellen des Körpers die letzten Endigungen notorisch sensibler Nerven freie sind, und zwar dringen Nervenprimitivfibrillen zwischen die Epithelzellen der äusseren Haut (bei Fischen z. B., nach F. E. Schulze), der Cornea und anderer mit Epithel bedeckter Teile ein und enden hier frei. In neuester Zeit hat man mit Hilfe der Golgi'schen Chromsilber- und der Ehrlich'schen Methylenblau-Methode fast überall freie Nervenendigungen sehen wollen, doch müssen die bisher mit jenen Methoden erzielten Resultate auch hinsichtlich

dieses Punktes nur mit Vorsicht aufgenommen werden und bedürfen offenbar der Kontrole mit besseren und einwandfreieren Verfahrungsweisen.

Die Terminalgebilde der sensiblen Nerven erscheinen unter sehr verschiedenen Formen, von denen die häufigsten, grössten und am besten gekannten die folgenden drei sind: 1) die Vater-Pacinischen Körperchen, 2) die Wagner-Meissner'schen Körperchen und 3) die Krause'schen Endkolben. Die Vater-Pacini'schen Körperchen sind 1—2 mm und mehr messende Gebilde von eiförmiger Gestalt, die makroskopisch als halbdurchsichtige Knötchen mit weissem Axenstreifen sich darstellen. Bei mikroskopischer Betrachtung zeigen sie eine Zusammensetzung aus zwiebelschalenartig über einander gelagerten, kernhaltigen Membranen, welche an der Peripherie des eiförmigen Körperchens weiter, dem Centrum desselben zu enger gelagert sind. Die einzelnen Membranen besitzen einen Endothelbelag, der mit Argentum nitricum darstellbar ist. Zwischen den Membranen befindet sich je ein Lymphraum, die innerste Membran schliesst eine weiche, homogene oder feinkörnige Masse ein, welche Innenkolben genannt wird. In jedes Vater'sche Körperchen tritt eine markhaltige Nervenfaser ein, deren Schwann'sche Scheide mit den äusseren Membranen verschmilzt; auf dem Wege zum Innenkolben wird sie marklos und im Innenkolben selber ist nur der aus Primitivfibrillen bestehende nackte Axencylinder vorhanden, der mit einer oder, nachdem es sich an seinem distalen Ende geteilt hat, mit mehreren knopfförmigen Anschwellungen endet. Die Vater'schen Körperchen finden sich in ausserordentlich grosser Zahl im Mesenterium der Katze, zuweilen trifft man aber auch bei diesem Tiere an Tastkörperchen arme Mesenterien an. Ferner kommen diese Körper im Periost, im extraperitonealen Bindegewebe des Menschen und im Pankreas mancher Tiere vor.



Figur 179.
Vater-Pacini'sches Körperchen aus dem Mesenterium der Katze.
k = Kapsel; i = Innenkolben; n = Nerv; s = Scheide desselben; f = Faser des Innenkolbens.

Die Wagner-Meissner'schen Tastkörperchen finden sich in der Haut der Säugetiere und hier besonders in den Fingerspitzen.

Es sind rundliche oder ovale Gebilde, deren Oberfläche spiralig gestreift ist. An diese bindegewebigen Körperchen, deren zahlreiche Kerne quer und schief gelagert sind, wodurch das Ganze ein Tannenzapfen ähnliches Aussehen erhält, treten vom unteren Ende her einer, zwei oder mehrere markhaltige Nervenfasern heran, die zweimal um das Körperchen sich herumschlingen und nach Verlust des Nervenmarkes in das Innere desselben sich begeben, wo sie mehrere spiralige Windungen beschreiben.

Die Krause'schen Endkolben endlich, die in der Conjunctiva bulbi, in der Schleimhaut des Mundhöhlenbodens, an den Papillae fungiformes und circumvallatae der Zunge und an der Glans penis und clitoridis vorkommen, zeigen im allgemeinen folgenden Bau. Eine markhaltige Nervenfaser tritt unter Verlust des Nervenmarkes in ein länglich ovales, zuweilen gebogenes, beim Menschen und Affen aber kugelig gestaltetes Gebilde ein, das aus einer kernhaltigen, nicht zu dicken Hülle und einem von derselben umschlossenen homogenen, sehr dickflüssigen Inhalte besteht. Der nackte Axencylinder liegt im Centrum des Körperchens und endet an der seiner Eintrittsstelle entgegengesetzten Stelle mit einer leichten, zuweilen knopfförmigen Anschwellung.

§ 147. Bezüglich des sympathischen Nervensystems ist nur wenig dem hinzuzufügen, was im Kapitel „Nervengewebe" bereits gesagt wurde. Die sympathischen Nervenfasern oder Remak'schen oder grauen Fasern bilden mit feinen markhaltigen Fasern die sympathischen Nerven. In den Verlauf derselben finden sich zahlreiche Ganglien interpoliert, welche im sogenannten Grenzstrange entsprechend den Metameren auftreten. Die Zellen, welche die Ganglien zusammensetzen, sind die bereits beschriebenen sympathischen Ganglienzellen; ausserdem sollen auch multipolare nicht allzu selten vorkommen.

H. Sinnesorgane.

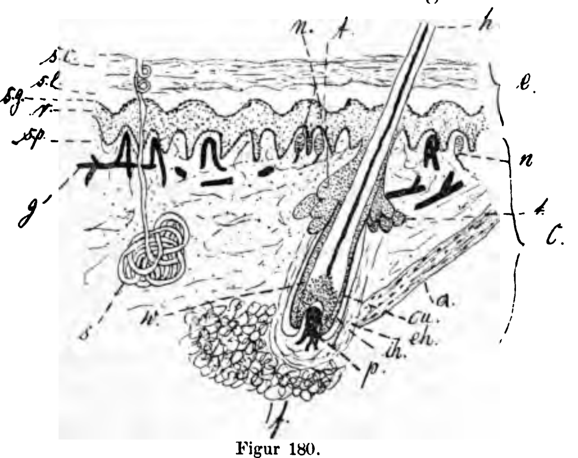
§ 148. Die Sinnesorgane sind diejenigen Apparate des Körpers, welche dessen Rapport mit der umgebenden Aussenwelt vermitteln und die empfangenen Eindrücke zum Centrum des Nervensystemes weiter leiten, wo dieselben apperzipiert werden. Die einzelnen Sinne sind keine einfachen Organe, nicht blos die Endapparate der Sinnesnerven, sondern Organsysteme, da zu den eigentlich perzipierenden Teilen Bildungen hinzutreten, welche teils die Perzeption erleichtern sollen, teils dazu dienen, die Sinnesapparate vor Verletzungen zu schützen. Diese Schutz- und jene Perzeptionsapparate bilden zusammen das Sinnesorgan. Am wenigsten klar tritt das Verhältnis

von Schutz- und Wahrnehmungseinrichtungen bei der Haut hervor; mancher Bestandteil derselben hat mit der Sinnesfunktion, der die Haut dient, nämlich dem Tast- und Gefühlssinne, gar keine oder nur sehr undeutliche Beziehung; es kommt eben bei der Haut noch das Moment hinzu, dass sie zugleich Schutzorgan des ganzen Körpers ist. Tiefer in eine Diskussion über die Bedeutung der einzelnen Teile eines Sinnesorganes einzutreten, würde zu weit in die Physiologie führen, es muss daher hier mit Rücksicht auf Umfang und Inhalt des Buches darauf verzichtet werden. Die Sinnesorgane sind: die Haut, das Geschmacksorgan, das Geruchsorgan, das Gehörsorgan und das Gesichtsorgan

a) Die Haut.

§ 149. Die Haut, Integumentum commune externum, besteht aus der Epidermis, dem Corium oder der Cutis, dem Unterhautfettgewebe und den in dieselbe eingebetteten beiden Drüsenarten, den Schweissdrüsen und Talgdrüsen, sowie den Haaren und Nägeln. Dazu kommen noch die Gefässe und die Nerven.

Die Epidermis wird von Plattenepithelien gebildet, deren oberste Schicht verhornt, sich in Folge dessen allmählig in Schüppchenform abstösst und durch nachrückende Zellen ersetzt wird. Das Corium (Cutis oder Lederhaut) ist bindegewebiger Natur, sie wird aus leimgebenden Fasern, denen elastische Fasern beigemengt sind, zusammengesetzt. Das Unterhautfettgewebe, Panniculus adiposus, wird von zahlreichen zu Träubchen vereinten Fettzellen gebildet.



Figur 180.
Schematische Darstellung der Haut des Menschen.
e = Epidermis; c = Cutis; sc = Stratum corneum; sl = Stratum lucidum; sg = Stratum granulosum; r = Rete Malpighii; sp = Stratum papillare; g = Gefässe; n = Tastkörperchen; f = Fett; s = Schweissdrüse; h = Haar; p = Haarpapille; eh = äussere, ih = innere Faserhaut des Haarbalges; cu = Cuticula des Haares; w = Wurzelscheide; t = Talgdrüse; a = Arrector pili.

Auf senkrechten Durchschnitten durch die Epidermis erkennt man eine Zusammensetzung derselben aus mehreren Schichten, die an den verschiedenen Stellen der Haut eine verschiedene Mächtigkeit besitzen. Zuäusserst liegt die Hornschicht, das Stratum corneum. Die Zellen sind alle verhornt, meist kernlos und gleichen Schüppchen, in welcher

Gestalt sie auch allmählig auf mechanischem Wege abgestossen werden. Die Hornschicht ist an den Stellen des Körpers, welche dauerndem und starkem Drucke ausgesetzt sind, besonders stark entwickelt; am mächtigsten ist sie an der Ferse. Darunter folgt die zweite, nicht allenthalben deutliche Schicht, die sogenannte Öhl'sche Schicht, das Stratum lucidum. Dieselbe ist glänzend und erscheint fast homogen. Darauf folgt eine Schicht, welche nur aus wenigen Lagen, manchmal nur aus einer, von spindeligen Zellen zusammengesetzt wird, es ist dies die Körnerschicht von Unna, das Stratum granulosum. Die spindeligen Zellen dieser Schicht, deren längster Durchmesser parallel zur Hautoberfläche gerichtet ist, sind stark gekörnt, ihr Leib färbt sich im Unterschiede zu anderen Epithelien, wahrscheinlich in Folge der Anwesenheit jener Körnungen, intensiv in Karmin und Hämatoxylin. Die Körner, welche den Leib der Zellen dieser Schicht prall erfüllen, sind ein Umwandlungsprodukt der Zellsubstanz und werden Keratohyalin oder Eleidin genannt. Der Übergang vom Stratum granulosum zum Stratum lucidum ist ein ganz plötzlicher, da nämlich die auf das Stratum granulosum aufstossenden Partieen der zweiten Schicht unvermittelt ihre homogene Beschaffenheit annehmen. Nach Unna sind es die Körner der Zellen dieser Schicht, welche durch Reflexion des Lichtes die weisse Färbung der Haut bedingen.

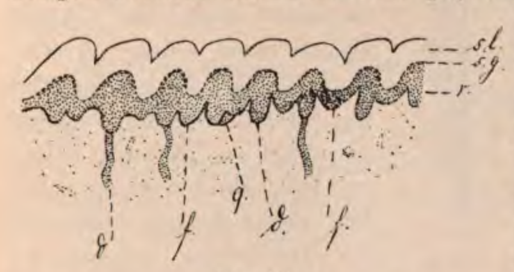
Auf das Stratum granulosum folgt die Schleimschicht, das Rete Malpighii oder Stratum mucosum. Der Namen „Rete“ Malpighii stammt daher, dass nach Abhebung der Hornschicht, z. B. durch Vesicantien, auf dem Grunde der Blase die sogenannten Papillen der Cutis und Epidermis im optischen Querschnitte wie ein Netzwerk erscheinen. Die unterste Lage dieser Schicht wird von einer einfachen Reihe Cylinderepithelien gebildet, die bei den farbigen Menschenrassen an allen Hautstellen des Körpers, bei der weissen Rasse nur an den gebräunten Stellen, z. B. der Brustwarze, Pigment enthalten. Die verschiedene Farbe des Pigmentes bedingt die verschiedene Färbung der Haut bei den einzelnen Rassen, die Pigmentlosigkeit der Zellen ist die Ursache der weissen Haut des Homo mediterraneus. Die Cylinderzellen, häufig auch als Stratum cylindrocellulosum bezeichnet, vermehren sich auf mitotischem Wege und liefern so den Ersatz für die durch Verhornung und Abschilferung verloren gegangenen Elemente. Die Zellenlagen, die auf die Cylinderzellenschicht folgen, werden von grossen, polyedrischen, protoplasmareichen Gebilden zusammengesetzt, die häufig als Stachel- oder Riffzellen erscheinen, weswegen diese Partie auch Stratum pinosum

genannt wird. Gegen das Stratum granulosum hin werden diese Zellen flacher und mehr in die Länge gestreckt und zwar so, dass ihr Längsdurchmesser zu der Oberfläche der Haut parallel ist, während in den tieferen Partieen die Orientierung der Zellen eine ziemlich unregelmässige ist.

Das Rete Malpighii reicht mit verschieden gestalteten Epithelzapfen in das Corium und die Fläche des letzteren zeigt auf Schnitten zotten- oder papillenförmige Erhebungen, in deren Tälern jene Zapfen stecken. Die Papillen des Corium (Cutis) werden insgesamt als Papillarkörper bezeichnet; in ihnen liegen Blutgefässe oder Tastkörperchen.

Über die Konfiguration des Papillarkörpers der Cutis und demgemäss über das Verhalten der unteren Fläche des Rete, die gewissermaassen das Negativ der Cutis darstellt, waren die längste Zeit sehr unklare Vorstellungen verbreitet, was bei der Schwierigkeit, sich aus Schnittpräparaten ein gutes körperliches Bild zu rekonstruieren, leicht erklärlich ist. Hier haben nun reformierend die Untersuchungen von Blaschko eingegriffen, an welchen Autor ich mich bei der folgenden Darstellung anlehne.

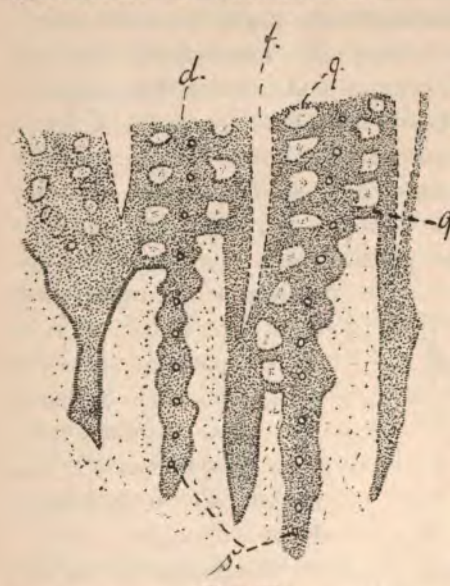
§ 150. Die gesammte Haut zerfällt in einen behaarten und einen unbehaarten Teil, von denen der letztere die direkte, der erstere die indirekte Tastempfindung vermittelt, d. h. an der unbehaarten Haut empfinden wir Berührungen etc. durch die Haut selber, an der behaarten Haut dagegen kommt die Empfindung erst vermittelst der Haare zu stande. Unbehaart sind folgende Hautpartieen: 1) die Volarfläche der Hände, Füsse, Finger und Zehen, 2) die Nägel, 3) die Mundlippen, 4) die Brustwarzen, 5) die unbehaarten Teile der äusseren Genitalien und 6) der innerste, dem Trommelfell zunächst liegende Abschnitt des äusseren Gehörganges. Behaart sind alle übrigen Partieen der Haut. Die physiologische Differenz zwischen behaarter und unbehaarter Haut prägt sich auch in der morphologischen Gliederung des Rete Malpighii bez. des Papillarkörpers aus. Besprechen wir zunächst die unbehaarte Haut.



Figur 181.
Schnitt durch die Haut der Fusssohle des Affen, senkrecht auf die Riffe; nach einem Präparate von Blaschko. sl = Stratum lucidum; sg = Stratum granulosum; r = Rete; d = Drüsenleiste; f = Falte; q = Querleiste.

Wenn man z. B. von der Fusssohle eines Affen Schnitte anfertigt, die so

gelegt sind, dass sie die Riffe und Furchen senkrecht schneiden, dann erhält man folgendes Bild. Man erkennt an der dem Stratum lucidum zugewandten Seite des Rete zahlreiche Erhebungen und Vertiefungen, welche in regelmässiger Folge abwechseln und von gleicher Höhe bez. Tiefe sind. Auf der dem Corium zugewandten Fläche dagegen sind doppelt so viel Vorsprünge vorhanden, indem nämlich sowohl den Vertiefungen wie den Erhebungen der äusseren Fläche in das Corium vorspringende Retezapfen entsprechen. Die zapfenartige Form der Vorsprünge ist aber nur eine Täuschung durch den Schnitt, thatsächlich handelt es sich um Leisten des Rete, welche längs verlaufen. Solcher Leisten sind zwei verschiedene Arten zu unterscheiden; die eine Art ist dadurch ausgezeichnet, dass hier der Durchtritt der Ausführungsgänge der Schweissdrüsen statt hat, es ist dies die Drüsenleiste von Blaschko. Die zweite Art der Leisten, welche stets zwischen zwei Drüsenleisten gelegen ist, entspricht den Vertiefungen der äusseren Fläche, es ist hier gewissermassen die ganze Epidermis mit allen ihren Schichten eingefaltet und diese Art Leisten wird deswegen von Blaschko die Falte genannt. In die Vertiefungen zwischen den Leisten dringen Fortsätze der Cutis ein, doch ist zuweilen zwischen einer Drüsenleiste und einer Falte eine Brücke von Epithelzellen vorhanden, die als Querleiste zu bezeichnen ist.

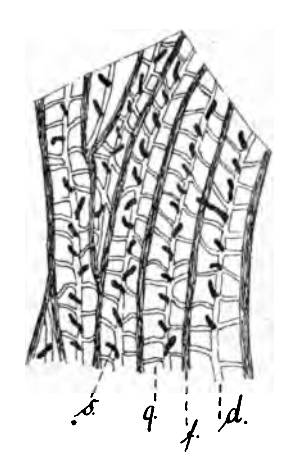


Figur 182.
Flachschnitt durch die Haut der Fusssohle des Affen; nach einem Präparate von Blaschko.
d = Drüsenleisten; f = Falte; q = Querleiste; s = Schweissdrüsenmündung.

Deutlich tritt die leistenartige Anordnung der Epithelvorsprünge auf Flachschnitten in die Erscheinung. Bei Betrachtung derartiger Präparate erkennt man die Drüsenleisten mit den Querschnitten der Drüsenmündungen, zwischen ihnen die Falten, welche etwas schräg getroffen sind, in Folge dessen zum Teil das Stratum lucidum sichtbar geworden ist. Zwischen Falten und Drüsenleisten sind in ziemlich regelmässigen Abständen die Querleisten ausgespannt, deren Verlauf meist ein senkrechter ist. Das Bindegewebe der Cutis zeigt einen Faserverlauf, der seitlich und unter-

halb der Falten parallele Züge darstellt, während unterhalb der Drüsenleisten (dies ist in Figur 182 nicht abgebildet) die kurzen Bindegewebsfasern teils in querer Richtung, teils kreisförmig um die Ausführungsgänge der Schweissdrüsen orientiert sind.

Ziemlich ähnlich liegen die Verhältnisse beim Menschen, denn auch hier können wir Drüsenleiste, Falte und Querleiste unterscheiden. Es tritt diese Anordnung sehr deutlich hervor, wenn man die Epidermis todtfauler Früchte, wie dies Blaschko angegeben, abzieht, mit der der Cutis zugekehrten Fläche nach oben legt und nun nach geeigneter Färbung untersucht. Die Falten (in Figur 183 durch Schraffierung hervorgehoben) heben sich deutlich von den Drüsenleisten ab, auf welch letzteren die abgerissenen Ausführungsgänge der Schweissdrüsen stehen. Und zwischen Falten und Drüsenleisten sind die Querleisten ausgespannt, die etwas schwächer hervortreten (dies Verhalten liess sich in der Figur 183 nicht wiedergeben), weil sie nicht so tief herabreichen wie die Drüsenleisten und die Falten. Während in den ersten Lebensjahren die Anordnung der Retevorsprünge gegen die Cutis eine regelmässige ist, tritt später meist durch Einwirkung mechanischer Momente eine stärkere Epithelentwickelung ein, welche namentlich die Querleisten betrifft, indem sich sekundäre und tertiäre Querleisten ausbilden, welche flacher sind als die primären. Die Drüsenleiste ist da, wo die Schweissdrüsen durch sie hindurch ziehen, stets stark entwickelt, während sie an manchen Stellen sich verdünnt. Schwach entwickelt ist beim Menschen stets, besonders aber an der Hand, die Falte.



Figur 183.
Flächenansicht vom Rete Malpighii einer todtfaulen menschlichen Frucht.
d -- Drüsenleiste; *f* -- Falte; *q* -- Querleiste; *s* -- Schweissdrüsenreste.

Es bildet also die Unterfläche des Rete Malpighii eine bienenwabenähnliche Platte, deren bindegewebiger Ausguss der Papillarkörper der Cutis ist. Die sogenannten Papillen der Cutis sind also nicht einfache kegelförmige Bildungen, sondern häufig abgestumpfte Pyramiden mit meist vier, manchmal drei oder fünf Kanten. Die Thatsache, dass die primären Querleisten weniger vorspringend sind als die Längsleisten, deutet nach Blaschko darauf hin, dass die Papillen auf Cutisleisten aufsitzen, die zwischen und parallel zu den Längsleisten verlaufen. Den sekundären und tertiären Querleisten entsprechen zusammengesetzte Cutispapillen.

Die Anordnung der Drüsenleisten und der Falten ist an den verschiedenen Stellen der Haut eine verschiedene. An der Brustwarze z. B. sind die starken Falten in der nächsten Umgebung der Drüsenmündung konzentrisch und spiralig geordnet und bilden in Folge ihrer Durchkreuzung ein Netz vom rhomboidalen Maschen; hier fehlen Drüsenleisten. Weiter von der Mündung der Brustdrüse treten mit den Haaren schwache Drüsenleisten auf, die ebenfalls eine konzentrische Gruppierung (die Drüsenmündung als Centrum) erkennen lassen, während zugleich die Falten sehr schwach werden. Im allgemeinen können wir von der Haut sagen, dass die nach innen vorspringenden Leisten des Rete in regelmässigen, meist spiraligen Kurven verlaufen.

§ 151. Wenden wir uns nunmehr zur behaarten Haut. Bei dieser bilden das Analogon der Leistensysteme die Haare selber. Letztere zeigen, wie die Reteleisten der unbehaarten Haut, eine Anordnung zu spiraligen Kurven, welche an einzelnen Punkten Wirbel bilden; die Wirbel fehlen bei den Leisten deswegen, weil diese flächenhaft angeordnet sind. Wir können vier Typen im Bau der behaarten Haut unterscheiden, die indessen nicht ganz streng auseinander zu halten sind.

Beim ersten Typus fehlt jede Leistenbildung, also auch jede Papillenbildung in der Cutis, die Haare stehen in Reihen regelmässig nebeneinander, die untere Fläche der Rete Malpighii ist glatt. So zeigt sich die Haut an der Stirn, der Raphe perinei, die Epidermis der Ohrmuschel, die Haut an einzelnen Stellen der Achselhöhle.

Der zweite Typus is dadurch gekennzeichnet, dass streifenförmige, flache Leisten vorhanden sind, die meist etwas wellig verlaufen, einander parallel sind und nur zuweilen sich gabeln. So ist es der Fall an der Haut der Seiten des Halses und am Mons veneris.

Im Typus III. ist ein durch die Leisten gebildetes, halbgeschlossenes Netz vorhanden, dessen Maschen länglich sind. Die Leisten sind Längsleisten, welche den Haarströmen — so kann man die Richtung, in der die Haare stehen, bezeichnen — parallel sind und durch kurze Querstücke teils vollkommen teils unvollkommen mit einander verbunden sind. Ein solches Netz findet sich an Rücken- und Bauchhaut.

Im vierten Typus endlich bilden die Epidermisleisten ein vollständig geschlossenes Netz, so am behaarten Kopfe und an der Beugeseite der Extremitäten.

In allen Fällen, in denen an der behaarten Haut Epidermisleisten vorkommen, sind die Leisten schwächer entwickelt als an der unbehaarten Haut.

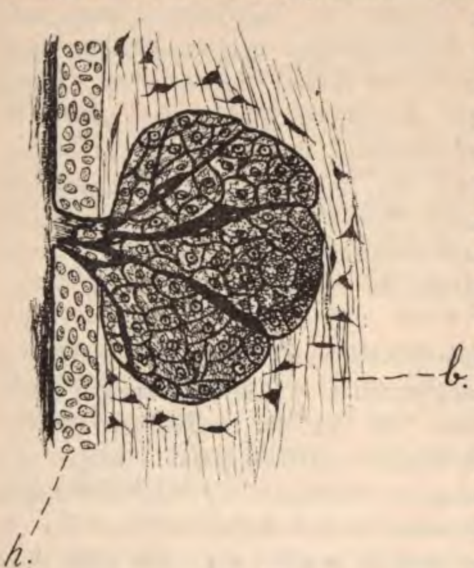
§ 152. Die Haare, ein Bestandteil der Epidermis, sitzen in einer an der Oberfläche trichterartig erweiterten Einsenkung der Haut, in der Haartasche, und steigen schräg aus der Tiefe der Haut auf. Sie enden je nach ihrer Länge entweder in der Cutis oder erst im subcutanen Gewebe. Die Haartasche besteht aus mehreren Schichten, die von aussen nach innen die folgenden sind (cfr. Figur 180). Zu äusserst findet sich eine bindegewebige Hülle, der Haarbalg genannt, welche aus dem Bindegewebe der Cutis stammt und aus einer äusseren Längsfaserhaut und aus einer inneren Ringfaserhaut besteht. Die letztere, welche vielleicht muskulöser Natur ist, ist in den tieferen Schichten von der Glashaut Köllikers oder der Cuticula des Haares bedeckt; diese ist eine elastische Haut. Dann folgen die äussere und die innere Wurzelscheide, von denen jene von epidermoidalen Zellen gebildet ist (die Teilung der Wurzelscheide ist in Figur 180 nicht gezeichnet). An der inneren Wurzelscheide sind zwei Schichten zu unterscheiden, die äussere oder Henle'sche Schicht und die innere oder Huxley'sche Schicht. Die Henle'sche Schicht ist aus dünnen kernlosen Schüppchen zusammengesetzt, die längst gerichtet sind, die Huxley'sche wird von kernhaltigen Zellen gebildet. Die Schichten der Wurzelscheide entstehen aus der Papille am Grunde des Haarbalges, deren sehr eleidinreiche Zellen in der Huxley'schen Schicht erhalten sind. Das Lumen der Haartasche wird vom Haare eingenommen. Dieses sitzt auf der Haarpapille auf, die wie die Cutispapillen gebaut ist. Die Papille wird vom Haare umfasst, dieses ist also an seinem inneren Ende eingebuchtet, wie der Boden mancher Weinflaschen. Der in der Haartasche steckende Teil des Haares wird die Haarwurzel, der über die Haut hervorragende der Haarschaft genannt; der Teil der Haarwurzel, welcher die Papille umgiebt, heisst Haarzwiebel oder Bulbus.

Zu den Haaren treten markhaltige Nervenfasern und ausserdem finden sich an der Wurzel Ganglienzellen, welche aber nur mit marklosen Fasern in Beziehung stehen. Die Zahl der markhaltigen Nerven, die zu einem Haare treten, schwankt zwischen einem einzigen und mehreren hundert. Die sogenannten Fühlhaare der Säugetiere haben stets eine grosse Zahl von Nerven, die gewöhnlichen Haare nur ein bis zwei. Die Nerven enden gabelig geteilt, und man trifft diese Endigungsweise deutlicher bei den gewöhnlichen als bei den Fühlhaaren.

Das Haar ist ein Produkt des Epithels der Haarpapille. Die bindegewebige, gefässhaltige Papille ist zunächst mit einer Schicht Cylinderzellen bedekt, auf welche Zellen folgen, die denen des Rete Malpighii gleichen. Durch Verhornung der äussersten Schicht derselben entstehen die Zellen des Haarschaftes. An letzterem sind drei Schichten zu unterscheiden. Zu äusserst findet sich das Oberhäutchen, welches von einer einfachen Lage platter Zellen gebildet wird, die verhornt sind und deren Konturen quer über das Haar verlaufende Linien darstellen. Darauf folgt die Rindenschicht, die aus ganz verhornten, pigmenthaltigen Zellen besteht, die in Gestalt von schmalen Schüppchen in der Längsrichtung des Haares angeordnet sind. Zu innerst endlich liegt die Marksubstanz, welche von kubischen Zellen gebildet wird, die zahlreiche, kleine Luftblasen enthalten und in den untersten Partieen des Haares auch noch Eleidin einschliessen.

Die Haare werden während des Lebens normal ausgestossen und durch neue ersetzt, es findet also beim Menschen ein permanenter Haarwechsel statt, während bei den Säugern der Wechsel des Pelzes im Frühling und Herbst vor sich geht.

Nach der einen Darstellung dieses Vorganges hebt sich der Haarknopf von der Papille ab, wenn die Länge des Haares erreicht ist, das untere Ende fasert sich besenförmig aus und es fällt schliesslich das Haar aus. Zu gleicher Zeit wird von der Papille ein neues Haar, das Ersatzhaar, gebildet. Nach Unna lockert sich das Haar nach einer bestimmten Zeit von der Papille, sein unteres Ende zerfasert sich besenförmig und es gelangt als sogenanntes Beethaar in die Mitte der äusseren Wurzelscheide, um hier selbständig weiter zu wachsen. Auf der Papille entsteht ein neues Haar, welches nachdem Ausfallen des Beethaares dessen Schicksal hat.



Figur 184.
Talgdrüse vom Fühlhaar der Katze.
h = Haartasche; b = Bindegewebe.

§ 153. Die Haut beherbergt zweierlei Drüsen, die Talgdrüsen und die Schweissdrüsen, von welchen die ersteren mit den Haaren in Beziehung stehen. Sie münden von verschiedenen Seiten von

unten nach oben meist schräg, manchmal aber auch mehr senkrecht in die Haartasche. Die kleinsten Talgdrüsen sind nach dem Flemming'schen Schema unverästelte, die grösseren verästelte alveoläre Einzeldrüsen. Das Drüsenepithel besteht aus polyedrischen Zellen, durch deren Verfettung das Sekret, der Talg, entsteht. Die Entleerung des Sekretes geschieht durch die Kontraktion der sich an die Haare inserierenden Muskeln.

An jeden Haarbalg nämlich setzt sich ein zartes Bündel glatter Muskelfasern an, der Arrector pili, und zwar geschieht die Insertion in verschiedener Höhe unterhalb der Talgdrüsen an die Haartasche. Die andere Insertion dieses Muskels findet sich in der oberen Grenze der Cutis zwischen zwei Papillen. Da der Muskel sich stets an der Seite des Haares findet, welche gegen die Hautoberfläche schräg geneigt ist, so wird durch seine Kontraktion das Haar aufgerichtet (Gänsehaut) und zugleich werden die Talgdrüsen komprimiert, so dass deren Sekret sich entleert.

Die zweite Art der Hautdrüsen sind die Schweissdrüsen. Dieselben sind unverästelte tubulöse Einzeldrüsen, deren Schlauch zu einem bald in der Cutis bald im subcutanen Gewebe steckenden Knäuel aufgewunden ist; sie heissen deswegen auch Knäueldrüsen. Die auf einer Membrana propria aufsitzenden kubischen Drüsenzellen sollen, ähnlich wie die Zellen der Tubuli contorti in der Niere, ein stäbchenförmiges Plasma besitzen. Die Drüsen münden stets zwischen zwei Papillen in der Drüsenleiste; im Stratum corneum ist ihr Ausführungsgang häufig korkzieherartig gewunden und an der Mündung selber leicht trichterförmig erweitert.

§ 154. Die Nägel, wie die Haare ein Produkt der Epidermis, stecken an den Seiten und hinten im sogenannten Nagelfalze und liegen auf ihrer Unterlage, dem Nagelbette, fest auf. An der hinteren Partie des Nagelfalzes ist der Nagel in einem halbmondförmigen Abschnitte, der sogenannten Lunula, heller gefärbt, als in den vorderen Partieen, hier ist die Matrix des Nagels. Derselbe besteht aus verhornten Zellen, die weniger verändert sind, als die des Haarschaftes, und in deren jeder daher, wenn man sie sorgfältig isoliert hat, man einen Kern erkennen kann. Das Nagelbett besitzt wie die Cutis der übrigen Hautpartieen Leisten, welche längs verlaufen und von einem Rete Malpighii bedeckt sind.

§ 155. Die grösseren Blutgefässe der Haut liegen an der Grenze von Cutis und Panniculus und sind parallel zur Hautoberfläche orientiert. Ihre Äste dringen schräg aufwärts bis in die Gegend des Papillarkörpers und zerfallen hier in Zweige, welche

wiederum parallel zur Oberfläche verlaufen. In fast jede Papille geht eine kleine einfache oder doppelte Gefässschlinge. Um die Knäueldrüsen, Talgdrüsen, Haarbälge finden sich reichliche Capillarnetze; im Panniculus ist fast jede einzelne Fettzelle von einer Capillarschlinge umgeben.

Die Nerven der Haut enden in den bereits erwähnten Tastkörperchen und diese liegen in den Papillen. Die Tastkörperchen haltigen Cutispapillen besitzen keine Gefässe.

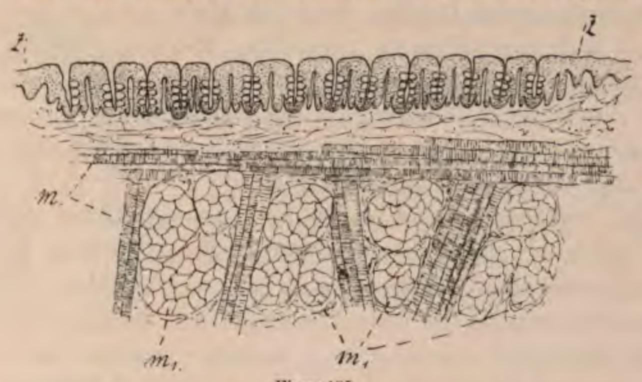
b) Das Geschmacksorgan.

§ 156. Die Zunge, der Sitz der Geschmacksempfindung, ist ein muskulöses Organ, welches die Mundhöhle ausfüllt. Sie besteht aus einer Schleimhaut, Muskelfasern und Drüsen. Die Muskelfasern sind quergestreift und verästigt und verlaufen sich durchkreuzend in longitudinaler, transversaler und sagittaler Richtung. Die Drüsen, welche im Zungenkörper eingeschlossen und am Rücken des Organes vorzugsweise ausgebildet sind, gehören histologisch zu den verästigt tubulösen zusammengesetzten Drüsen, physiologisch teils zu den Eiweiss-, teils zu den Mucindrüsen. Von Interesse ist für uns hier nur der Bau der Schleimhaut. Dieselbe ist auf der Zungenunterfläche glatt und besitzt keine Papillen, während auf der Zungenoberfläche zahlreiche Papillen vorhanden sind. Man unterscheidet die fadenförmigen (Papillae filiformes), die schwammförmigen (Papillae fungiformes), die umwallten (Papillae circumvallatae), zu denen noch beim Menschen und einigen Säugern die blattförmigen Papillen (Papillae foliatae) kommen. Ob die filiformes und die grössere Zahl der fungiformes mit der Geschmacksempfindung etwas zu thun haben, ist fraglich, um nicht zu sagen unwahrscheinlich; die circumvallatae aber und foliatae sind sicher als Sitz der Geschmacksempfindung nachgewiesen.

Die Papillae circumvallatae kommen allen Säugetieren zu, zeigen aber in ihrer grob wahrnehmbaren Gruppierung mancherlei Differenzen; ihre Zahl ist stets eine geringe. Die Papillae foliatae sind beim Menschen manchem Wechsel unterworfen und liegen dicht vor dem unteren Anfange des Arcus glossopalatinus. Bei den Säugetieren, bei denen sie vorkommen, z. B. beim Kaninchen, finden sie sich in der Zweizahl, jederseits an dem hinteren äusseren Seitenrande eine Papille, und sind blätterförmige Gebilde.

Auf einem Schnitte durch eine Papilla foliata, der senkrecht gegen die Blätter gelegt ist, sieht man eine Reihe von Falten, an

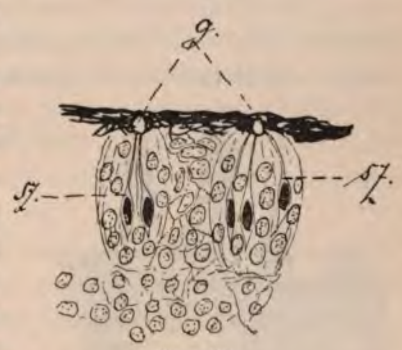
deren einander zugekehrten Seiten sich durch ihre hellere Färbung von der Umgebung abhebende becherförmige Gebilde gelegen sind; dies sind die Geschmacksknospen oder Schmeckbecher. Niemals finden sich dieselben auf der Höhe der Falten, sondern stets an der Wand der Thäler. Auf Schnitten durch eine Papilla circum-



Figur 185.
Schnitt durch die Papilla foliata des Kaninchens.
z = Zungenoberfläche; m = längs-, m_1 = quergetroffene Muskelfasern.

vallata sieht man diese Schmeckbecher an den Wänden des Grabens, d. h. an den Seiten der Papille und des Walles; auch hier fehlen die Gebilde auf der Höhe der Papillen. Schmeckbecher, das sei hier noch erwähnt, kommen ausser an den genannten Stellen in sehr geringer Menge am weichen Gaumen, an einzelnen Papillae fungiformes (auch hier an der Seitenwand) und auf der hinteren Fläche des Kehldeckels vor.

Die Schmeckbecher, um auf deren feineren Bau einzugehen, sind länglich ovale Gebilde, die in dem geschichteten Epithel, das an den Papillae foliatae und circumvallatae wie auf der ganzen Zunge vorhanden ist, vollkommen drin stecken, und zwar reichen sie von der Basis des Epithelbelags, da wo derselbe auf dem Bindegewebe aufruht, bis zur Oberfläche, wo sie durch eine trichterförmige kleine Öffnung kenntlich sind, die als Geschmacksporus bezeichnet wird. Jeder Schmeckbecher besteht aus zweierlei Arten von Zellen, den Deckzellen und den Geschmackszellen. Die ersteren, welche wie die Dauben eines Fasses an der



Figur 186.
Zwei Schmeckbecher aus der Papilla circumvallata von Macacus.
sz = Sinneszellen; g = Geschmacksporus.

Peripherie des Schmeckbechers angeordnet sind, sind zum Teil gleich breit, zum Teil basalwärts verjüngt und dann hier geteilt. Die kreisrunden Kerne liegen teils in der Mitte, teils an der Basis, teils im distalen Abschnitte der Zellen. Sie sind viel zahlreicher als die Geschmackszellen, als deren Stütze und Hülle sie funktionieren; diese letzteren sind schmale Gebilde, die in der Mitte, wo der ovale Kern gelegen ist, eine spindelförmige Auftreibung besitzen. Auf ihrer freien Fläche tragen sie ein glänzendes Stiftchen, mit ihrer zugespitzten Basis hängen sie mit den Endästen des Glossopharyngeus zusammen und dokumentieren sich somit als Sinneszellen oder, wie die moderne Auffassung will, als Ganglienzellen.

Den direkten Zusammenhang der Geschmackszellen mit Nervenfasern behaupten die Anhänger der Golgi'schen Methode, und es ist ein Vorzug dieser Methode, dass sie, was nur schwer oder gar nicht auf anderem Wege gelingt, nämlich der Nachweis der letzten Nervenendigungen, gelegentlich sichtbar macht. In scharfem Gegensatze dazu stehen die Angaben der Autoren, welche mit der Ehrlich'schen Methylenblaumethode zu arbeiten pflegen; diese nämlich leugnen einen direkten Zusammenhang von Nerv und Geschmackszelle ganz entschieden. Nach der Darstellung von Arnstein streben die Nerven bogenförmig gegen die Schmeckbecher auf. An der Aussenseite der Becher folgen sie der Anordnung der Deckzellen, während im Innern ein Gewirr von geradlinig und sich kreuzend verlaufenden Fasern vorhanden ist. Die Deckzellen und ebenso die Geschmackszellen werden von varikösen Nervenfibrillen umsponnen, die aber niemals in die Zellen eindringen, sondern sämtlich frei am Geschmacksporus enden. Die Nervenfibrillen, welche die Deckzellen umspinnen, sind sensible Nerven, diejenigen, welche sich um die Geschmackszellen winden, sind die Geschmacksnerven. — Es bleibt der Zukunft aufbehalten, in den Wirrwarr der Auffassungen Ordnung zu bringen.

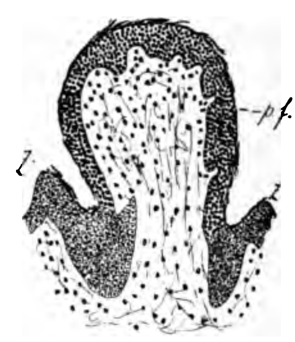


Figur 187.
Drei Papillae filiformes von der Zunge eines Macacus.
z = Zungenoberfläche; p = Papillen.

§ 157. Die Papillae filiformes oder P. conicae sind die bei weitem zahlreichsten Papillen der Zungenoberfläche. Von dem wie das Rete Malpighii gestalteten Epithelbelag der Zunge erheben sich mehr oder minder hohe kegelförmige oder fadenförmige Fortsätze, die allmählig spitz enden. Die äussersten Epithel-

schichten verhornen, blättern auf, bleiben aber noch mit der Unterlage lange in Verbindung, sodass diese Papillen eine eigentümlich aussehende fasrige Spitze erhalten.

Die Papillae fungiformes endlich zeigen auf dem Durchschnitte ein wesentlich indifferentes Verhalten. Der Epithelbelag gleicht dem der übrigen Zungenfläche und sendet mehr oder minder zahlreiche auf dem Schnitte wie Zapfen erscheinende Vorsprünge gegen die bindegewebige Grundlage. Die äusserste Epithelschicht verhornt und stösst sich in schmalen Schüppchen ab. Der Unterschied dieser Papillen von den fadenförmigen beruht ausser auf der Form auch noch darin, dass die fungiformes mit Epithel bedeckte Erhebungen der bindegewebigen Grundlage darstellen, während die filiformes nur aus Epithel bestehen. In den fungiformes sollen gelegentlich Schmeckbecher vorkommen. Über die Innervation beider Papillenarten ist noch nichts Sicheres bekannt.



Figur 188.
Papilla fungiformis von der Zunge eines Macacus.
z = Zungenoberfläche;
pf = Papille.

c) Das Geruchsorgan.

§ 158. Die deskriptive Anatomie unterscheidet an der Nase, in der das Geruchsorgan liegt, drei Regionen, die sie als Regio vestibularis, Regio respiratoria und Regio olfactoria bezeichnet; die histologische Darstellung hat sich dieser Darstellung anzuschliessen.

Die Regio vestibularis besitzt eine Schleimhaut, deren Tunica propria Papillen hat und von einem geschichteten Pflasterepithel bedeckt ist. In der Schleimhaut kommen Talgdrüsen in grosser Zahl und steife, kurze Haare vor, welche Nasenhaare oder Vibrissae heissen.

In der Regio respiratoria findet sich ein geschichtetes Cylinderepithel, welches flimmert und zahlreiche Becherzellen enthält. Die Tunica propria der Schleimhaut ist von lymphoiden Zellen durchsetzt, in ihr kommen wenig elastische Fasern und zahlreiche venöse Blutgefässe vor, welch letztere in der unteren Muschel eine Art Schwellgewebe darstellen. Beim Menschen sind hier verzweigt tubulöse Einzeldrüsen vorhanden, die zu gleicher Zeit Mucin- und Eiweissdrüsen sind, also eine gemischte Funktion haben. Diese Drüsen münden sehr oft in Vertiefungen von trichterartiger Gestalt, in die

hinein sich das Epithel der Oberfläche fortsetzt. Die Regio respiratoria hat eine rötliche Farbe.

Im Unterschiede von der vorigen hat die Regio olfactoria ein gelbbraunes Pigment, das an die noch zu erwähnenden Stützzellen gebunden ist. Über die Ausdehnung dieser Region und über ihren histologischen Bau beim Menschen hat in neuester Zeit v. Brunn Beobachtungen an enthaupteten Verbrechern anstellen und so manche der früheren Angaben berichtigen bez. bestätigen können. Ich lehne mich in der folgenden Darstellung an v. Brunn an.

Das Riechepithel oder, was hier dasselbe heisst, die Regio olfactoria hat beim Menschen eine Ausdehnung von ungefähr 257 Quadratmillimeter in einer Nasenhälfte, es beträgt also die ganze riechende Fläche etwas mehr als 500 Quadratmillimeter. Von jenen 257 Quadratmillimetern entfallen 133 auf das Septum narium und 124 auf die Seitenwand. Es findet sich Riechepithel auf dem mittleren Abschnitte der oberen Muschel und der gegenüberliegenden Partie des Septum, es ist von der hinteren Nasenhöhlenwand etwa 5 mm, von der vorderen 10 mm entfernt.

Gelungene Isolationen zeigen eine Zusammensetzung des Epithels der Regio olfactoria aus zweierlei Zellen, die zuerst von Max Schultze beschrieben worden sind. Es sind dies die Riechzellen und die Stützzellen. Die ersteren, die physiologisch wichtigere Zellart, sind lange, schmale Zellen mit kreisrunden Kernen und Kernkörperchen. Um den Kern herum zeigen diese Zellen eine spindelförmige Auftreibung ihres Leibes, während sie nach der Peripherie und nach der Basis hin sehr verschmächtigt sind; die Verschmächtigung nach der letzteren Region ist die bedeutendere, denn hier geht die Zelle in eine Olfactoriusfibrille über. Auf ihrem freien Rande sind die Zellen mit 6—8 und mehr kurzen, spitzen Haaren, den Riechhaaren, besetzt, die, wie alle Sinneshaare, keine Bewegung besitzen. In Isolationspräparaten sieht man die Haare auf einer kleinen knopfförmigen Anschwellung der Zelle, die wahrscheinlich ein Kunstprodukt ist.

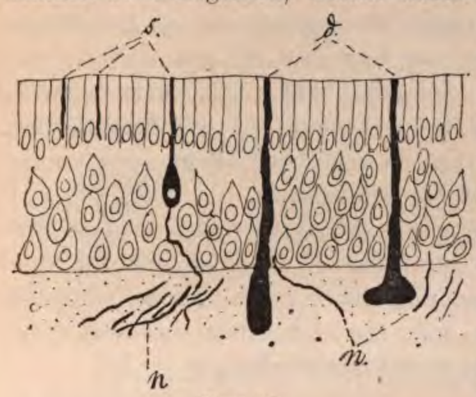
Figur 189.
Epithel der Regio olfactoria vom Menschen; nach v. Brunn. s = Sinneszellen. e = indifferente Epithelzellen (Stützzellen); ml = Membrana limitans.

Die Stützzellen sind mehr cylin-

drische Gebilde mit ovalen Kernen, deren basale Partie sich verschmälert, am Rande Zacken und Einbuchtungen besitzt und sich schliesslich gabelförmig teilt.

Stütz- und Riechzellen sind von einer Membrana limitans bedeckt, die äusserst zart ist, der Epitheloberfläche dicht aufliegt und zum Durchtritte für die Riechhaare oder auch für die peripheren Fortsätze der Riechzellen feine Durchbohrungen besitzt. Auf der Aussenfläche der Limitans trifft man, entsprechend den Stützzellen, eine Masse, die parallel zur Axe der Zellen undeutlich gestreift erscheint und nach v. Brunn mit dem Stäbchensaume der Darmepithelien verglichen werden kann.

Auf Schnittpräparaten durch die Riechschleimhaut erkennt man deutlich zwei Regionen, welche durch die verschiedene Gestalt der Kerne charakterisiert ist. Die der Limitans zunächst gelegene also äussere Region — an die Limitans selber stösst sie natürlich nicht an — ist die Region der ovalen Kerne. Dieselben liegen in einfacher Reihe neben einander und gehören alle den Stützzellen an, letztere bilden also die freie Fläche der Riechschleimhaut. Darauf folgt die Region der runden Kerne; dieselben liegen stets in mehreren Schichten neben und über einander und sind die Kerne der Riechzellen. Dies Verhalten erklärt sich aus der Thatsache, dass der peripher vom Kerne gelegene Teil dieser Zellen viel länger ist, als der vom Kern proximalwärts gelegene, mit dem Nerven sich vereinigende Abschnitt.



Figur 190.
Schnitt durch die Riechschleimhaut des Menschen; nach v. Brunn.
s = Sinneszellen; d = Bowman'sche Drüsen; n = Nerven.

Die Regio olfactoria hat nach v. Brunn keine Basalmembran; die Gegend ist sehr zellenreich, namentlich ist die Zahl der leukocytenähnlichen Gebilde eine sehr grosse, wogegen sich Bindegewebe in nur spärlicher Menge vorfindet. Die Schleimhaut hat also beim Menschen eine adenoide Beschaffenheit und zwar in einer Dicke von 0,18—0,2 mm vom Epithel ab.

Innerviert wird die Schleimhaut vom Olfactorius, der ein markloser Nerv ist; die einzelnen varikösen Fibrillen desselben, so hat Max Schultze nachgewiesen, so haben die Untersuchungen mit

der Golgi'schen Methode bestätigt, verbinden sich mit den basalen Enden der Riechzellen direkt. Nach neuerer Anschauung soll dies ein Zeichen dafür sein, dass die Riechzellen als periphere Ganglienzellen aufzufassen sind.

In der Riechschleimhaut finden sich noch verzweigte tubulöse Einzeldrüsen, die sogenannten Bowman'schen Drüsen. Dieselben, welche Eiweissdrüsen sind, besitzen eine Tunica propria und zeigen einen ganz eigenartigen Bau. Der Ausführungsgang ist sehr eng und stammt aus mehreren dicht unter dem Epithel gelegenen Drüsengängen. Auf ihn folgt ein mittlerer Teil, den man Blase der Bowman'schen Drüse nennt. Diese Blase ist relativ weit und hat zahlreiche seitliche Ausbuchtungen von halbkugeliger Gestalt. Das Drüsenepithel besteht aus platten Zellen, deren Kerne oft über die Zellsubstanz hervorragen. Andere Mündungsweisen der Bowman-schen Drüsen stellen sich unter der Form von Krypten dar, die mit Flimmerepithel bekleidet sind. Die Drüsenzellen haben kein Pigment, dies findet sich vielmehr, wie bereits bemerkt, in den Epithelzellen der Riechschleimhaut, in den Flimmerzellen der Regio respiratoria und in den Bindegewebsfasern der Schleimhaut.

In der Regio olfactoria und respiratoria findet man in der Schleimhaut auch markhaltige Nervenfasern, dieselben stammen vom zweiten Aste des Nervus trigeminus, haben nichts mit der Geruchsempfindung zu thun, welche nur von den Olfactoriusfasern vermittelt wird, sondern leiten die Schmerzempfindungen.

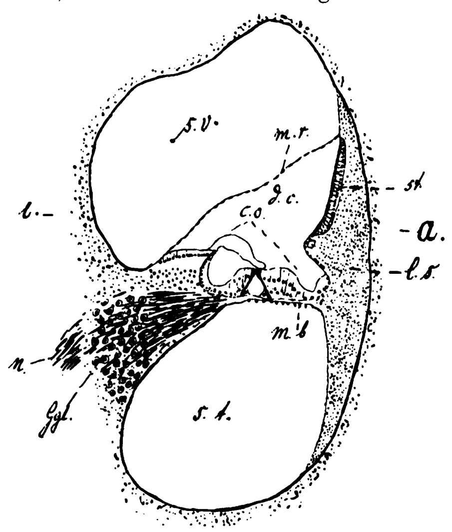
d) Das Gehörorgan.

§ 159. Am Gehörorgane haben wir drei Abteilungen zu unterscheiden, die mit einander in direkter Verbindung stehen, dies sind: das äussere, das mittlere und das innere Ohr. Äusseres und mittleres Ohr sind nur Hilfsapparate, das innere Ohr, in welchem der Nervus acusticus seine Endausbreitung hat, ist der Sitz der Gehörsempfindung. Betrachten wir zunächst das innere Ohr.

Am inneren Ohre haben wir zwei häutige Säcke zu unterscheiden, welche durch einen feinen Kanal, den Ductus endolymphaticus, mit einander in direkter Verbindung stehen. Der eine Sack ist der Sacculus sphaericus, auch bloss Sacculus genannt, welcher mit einem Schlauche zusammenhängt, der spiralig aufgewunden ist; es ist dies die Schnecke, Cochlea. Der andere Sack heisst Utriculus oder Sacculus ellipticus; derselbe kommuniziert mit den drei Bogengängen, deren jeder an seiner Mündungsstelle zur Ampulle erweitert ist. Alle diese Teile, welche zusammen das

häutige Labyrinth darstellen, liegen im knöchernen Labyrinthe und sind hier von einer Flüssigkeit umspült, der Perilymphe, auch Aqua Cotunnii genannt, während sie in ihrem Innern die Endolymphe einschliessen.

Der physiologisch wichtigste Teil ist die Schnecke. Dieselbe macht beim Menschen zwei und eine halbe Windung; man muss dies Organ so orientieren, dass die Kuppel nach aufwärts, die Basis nach abwärts gerichtet ist. Legt man dann Schnitte parallel zur Axe, so erhält man folgendes Bild. Zu unterst ist die Scala tympani, nach oben die Scala vestibuli gelegen, die von einander durch die Lamina spiralis geschieden sind. Dazu kommt noch, ebenfalls oben gelegen, der Ductus cochlearis, der von der Scala vestibuli durch die Membrana Reissneri getrennt ist; es liegt der Schneckenkanal nach aussen von der Vorhofstreppe. Die Lamina spiralis besteht aus zwei mit einander zusammenhängenden Abschnitten, der Lamina spiralis ossea und der Lamina spiralis membranacea, auch Membrana basilaris genannt, welch letztere das eigentliche Gehörorgan oder Corti'sche Organ trägt. Dieses liegt gegen den Ductus cochlearis, ist also nach oben gerichtet und ist von der Scala tympani durch die Membrana basilaris geschieden. An der Lamina spiralis ossea, wo die tympanale und vestibulare Wand des Ductus cochlearis zusammenstossen, ist ein bindegewebiger Wulst, der Limbus (Crista) spiralis vorhanden, der nach aussen mit scharfem Rande, dem Labium vestibulare endet, nach dem Ductus cochlearis hin das Labium tympanicum bildet; beide Lippen schliessen den Sulcus spiralis internus ein. Die äussere Wand des Ductus cochlearis ist begrenzt von dem verdickten Periost der knöchernen Wand; diese Verdickung heisst Ligamentum spirale, das auf dem Längsschnitte halbmondförmig gegen den Schneckenkanal vorspringt.



Figur 191.
Durchschnitt durch eine Schneckenwindung der Katze; nach einem Präparate von L. Katz.
a = äussere, *i* = innere Seite; *st* = Scala tympani; *sv* = Scala vestibuli; *dc* = Ductus cochlearis; *mr* = Membrana Reissneri; *st* = Stria vascularis; *ls* = Ligamentum spirale; *mb* = Membrana basilaris; *co* = Corti'sches Organ; *n* = Nerv; *Ggl* = Ganglion spirale.

Nach dieser kurzen Beschreibung der anatomisch wichtigen Verhältnisse wollen wir an die Erörterung des mikroskopisch Erkennbaren gehen.

Die Innenfläche der Scala vestibuli und der Scala tympani sind sehr einfach gebaut. Sie besitzen eine periostale Auskleidung, die für die Scala tympani durch die Membrana basilaris, für die Scala vestibuli durch die Membrana Reissneri eine gewisse Unterbrechung erfährt.

Die Innenfläche des Ductus cochlearis dagegen zeigt ziemlich komplizierte Verhältnisse. Die Membrana Reissneri, welche den Schneckenkanal gegen die Vorhofstreppe abgrenzt, geht von dem Ligamentum spirale ab, besteht aus Bindegewebe und hat auf der dem Ductus cochlearis zugewandten Fläche eine einfache Schicht polyedrischer Zellen. Das Ligamentum spirale ist am Knochen ein straffes Bindegewebe, das sich nach innen zu lockert. Das Epithel besteht aus kubischen Zellen, unter ihm liegen in etwa $^3/_4$ der Länge der äusseren Wand zahlreiche Blutgefässe, wodurch diese Region ein charakteristisches Gepräge erhält; das Epithel mit Blutgefässen wird als Stria vascularis bezeichnet. Unterhalb der Stria findet sich eine gegen das Innere des Kanales eine Prominenz bedingende Vene, das Vas prominens; die Hervorragung wird Prominentia spiralis genannt.

Die untere, tympanale Wand des Ductus cochlearis zeigt eine Zweiteilung; der innere Abschnitt ist der Limbus spiralis und die Lamina spiralis ossea, der äussere Abschnitt wird durch das auf der Membrana basilaris aufruhende Corti'sche Organ gekennzeichnet.

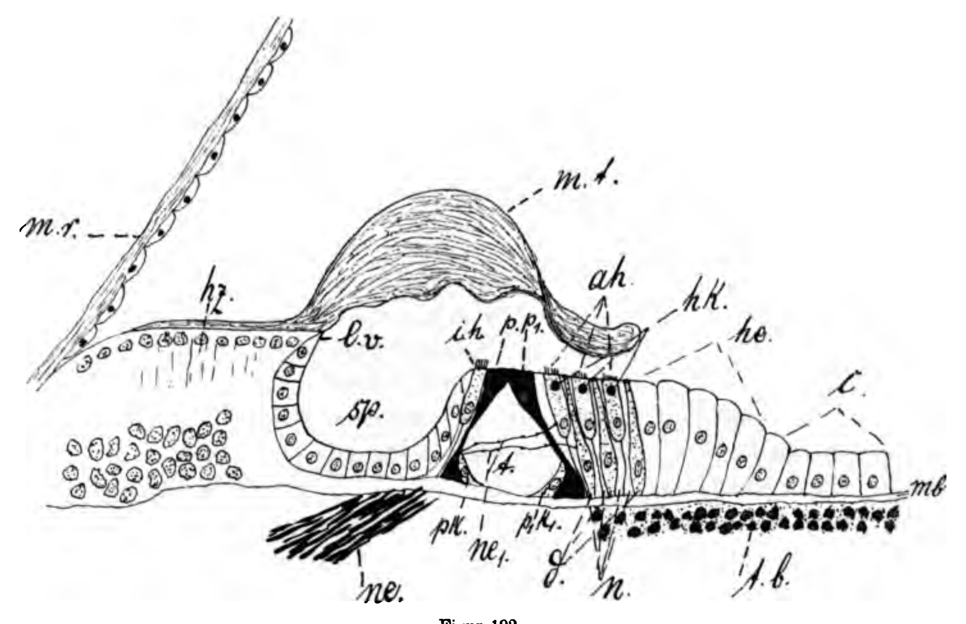
Der Limbus spiralis, welcher aus Bindegewebe mit zahlreichen Spindelzellen besteht, ist basalwärts mit dem Periost der Lamina spiralis ossea verwachsen. An seiner der Reissner'schen Membran zugekehrten Fläche zeigt er papillenähnliche Bildungen, welche in der Nähe des Labium vestibulare eine einfache Reihe schmaler, langer Platten, die Huschke'schen Zähne, darstellen. Der Limbus besitzt eine einfache Schicht platter Epithelzellen, welche sich in das kubische Epithel des Sulcus spiralis fortsetzen. Am freien Rande des Limbus findet sich eine einfache Reihe von Löchern, die Foramina nervina, durch welche die Nerven zur Membrana basilaris hindurchtreten; diese Region wird Habenula perforata genannt.

Die der Scala tympani zugekehrte Wand der eine strukturlose Haut darstellenden Membrana basilaris ist die sogenannte tympanale Belegschicht derselben. Dieselbe ist eine Fortsetzung des

Periosts der Scala tympani und besteht aus Bindegewebe mit Pinselzellen. Die dem Ductus cochlearis zugewandte Fläche der Membrana basilaris trägt das Corti'sche Organ; der innere Teil der Membran, welcher von dem Organe bedeckt wird, heisst Zona tecta, der äussere wird Zona pectinata genannt.

Der Bau des Corti'schen Organes, durch welches die Gehörsempfindung ermöglicht wird, ist folgender.

Man sieht eine Zweiteilung des Organes, die durch einen Kanal hervorgebracht wird, welcher eine kleinere innere und eine grössere äussere Partie abscheidet; dieser Kanal heisst der Tunnel. Derselbe hat im allgemeinen dreieckige Gestalt, seine Basis bildet die Membrana basilaris, seine Spitze ist aufwärts gekehrt. Er wird von



Figur 192.
Corti'sches Organ der Katze; nach einem Präparate von L. Katz.
mb = Membrana basilaris; *tb* = tympanale Belegschicht derselben; *t* = Tunnel; *p* = innere, p_1 = äussere Pfeilerzelle; *pk* = Kern der inneren, p_1k_1 = Kern der äusseren Pfeilerzelle; *ih* = innere Haarzelle; *ah* = äussere Haarzellen; *hk* = Hensen'scher Spiralkörper; *d* = Deiters'sche Zellen; *n* = Nuel'sche Räume; *he* = Hensen'sche, *c* = Claudius'sche Zellen; *ne* = Nerv; ne_1 = Nervenfibrillen; *hz* = Huschke'sche Zähne; *lv* = Labium vestibulare; *sp* = Sulcus spiralis; *mt* = Membrana tectoria (etwas aufgerollt); *mr* = Membrana Reissneri.

einer weichen Masse erfüllt, die als Intercellularmasse gedeutet wird, wie man denn auch den Tunnel selber als einen Intercellularraum betrachtet. Vergegenwärtigt man sich bei Beobachtung eines Schnittpräparates die Thatsache, dass die Schnecke einen gewundenen Kanal darstellt, so erscheint der Tunnel als der Durchschnitt eines spiraligen Ganges.

Begrenzt wird der Tunnel innen wie aussen von einer Reihe eigentümlicher, starr aussehender Zellen, den Pfeilerzellen, und zwar trifft man im Schnitte stets eine innere und eine äussere Pfeilerzelle. Beide Gebilde sind gegen einander so geneigt, dass sie sich an ihren distalen Partieen berühren, während die basalen auf der Membrana basilaris aufruhen. So überwölben sie den Tunnel und stellen damit einen Bogen her, den man Arcus spiralis genannt hat. Am Fusse der Pfeilerzellen, der dreiseitig verbreitert ist, liegt in mässiger Protoplasmaanhäufung der Kern dieser Gebilde, und zwar in der unteren Wölbung des Tunnels; der Kern der inneren Pfeilerzellen findet sich also an deren Aussenseite, der der äusseren an deren Innenseite. Vom Fusse aus verschmächtigt sich jede dieser Zellen ganz bedeutend und wird erst gegen die freie, dem Ductus cochlearis zugewandte Seite wieder breiter und dreieckig. Dieser Kopf ist bei den inneren Pfeilerzellen nach aussen konkav und nimmt den nach innen konvexen Kopf der äusseren Pfeilerzellen auf. Auf dem Kopfe, findet sich eine Kopfplatte, die bei den inneren Zellen schmaler ist als bei den äusseren (dies liess sich in der Figur 192 nicht wiedergeben). Nach innen von der inneren Pfeilerzelle liegt eine Haare tragende Zelle, die innere Haarzelle, die in einfacher Reihe durch den ganzen Schneckenkanal angeordnet ist. Nach aussen von der äusseren Pfeilerzelle finden sich drei, beim Menschen meistens vier Haarzellen, es sind also drei bis vier Reihen äusserer Haarzellen vorhanden. Diese Zellen sind kurze, cylindrische Zellen, deren abgerundetes Ende nicht auf der Basilarmembran aufsitzt, sondern weit oberhalb derselben sich findet; die Zellen hängen mit der Basilarmembran durch je eine feine Faser zusammen, die Retzius'sche Stützfasern genannt werden. Auf ihrer freien Fläche tragen die Haarzellen etwa 20 kurze, starre Haare; der Kern ist in der basalen Hälfte gelegen. Die äusseren Haarzellen, die man auch, weil sie wie die innere wahrscheinlich die Sinneszellen sind, als Hörzellen bezeichnen kann, unterscheiden sich von den inneren dadurch, dass in ihrer distalen Hälfte ein dunkler Körper, der Hensen'sche Spiralkörper, gelegen ist. Nach innen von den inneren Haarzellen liegt das indifferente Epithel des Sulcus spiralis, während zwischen den äusseren Haarzellen sich eine besondere Zellart findet, die man Deiters'sche Zellen nennt. Dieselben sind spindelförmige Gebilde, die auf der Basilarmembran aufruhen und an ihrem freien Ende einen cuticularen Besatz haben, der fingerähnlich gestaltet ist und deshalb Phalanx heisst. Die Lücken zwischen den Phalangen werden von dem freien Rande der äusseren

Haarzellen ausgefüllt. Es sind so viel Deiters'sche Zellen vorhanden wie Haarzellen. Die Deiters'schen Zellen füllen die Räume basalwärts von den unteren Enden der Haarzellen nicht aus, hier sind zellfreie Räume vorhanden, die man Nuel'sche Räume nennt. Nach den Untersuchungen von L. Katz ist das Verhältnis zwischen Deiters'scher und äusserer Haarzelle ein anderes, als wie es hier beschrieben wurde. Nach diesem Autor hat jede Deiters'sche Zelle an ihrer inneren, der benachbarten Haarzelle zugekehrten Fläche eine Vertiefung — Katz nennt dieselbe zangenbecherförmiges Gebilde —, in welcher die Haarzelle ruht. Nach demselben Autor sind die Retzius'schen Stützfasern keine selbständigen Gebilde, sondern nur plasmatische Ausscheidungen der Deiters'schen Zellen.

Nach aussen von den Deiters'schen Zellen folgen hochcylindrische Zellen, die sogenannten Hensen'schen Zellen, welche in das niedrige indifferente Epyithel des Ductus cochlearis übergehen. Die auf der Basilarmembran aufsitzenden Zellen desselben werden Claudius'sche Zellen genannt.

Von der freien Fläche des Limbus spiralis erhebt sich, allmählig bis zum Labium vestibulare an Stärke zunehmend, eine leicht fasrige, cuticulare Membran, die Membrana tectoria, welche den Sulcus spiralis überdacht und nach aussen bis zur äussersten Haarzellenreihe sich erstreckt.

Der Ramus cochlearis des Nervus acusticus tritt in die Achse der Schnecke, den sogenannten Modiolus, ein, zerfasert sich in mehrere Zweige, in welche an der Lamina spiralis ossea zahlreiche bipolare Ganglienzellen eingelagert sind. Die Gesamtheit dieser ein spiralig gewundenes Lager darstellenden Ganglienzellen nennt man Ganglion spirale. Die Nerven treten aus dem Ganglion durch die Foramina nervina als nackte Axencylinder in das Corti'sche Organ ein und begeben sich zu den Haarzellen. Auf ihrem Wege zu den äusseren Haarzellen durchsetzen sie den Tunnel, in welchem sie an guten Präparaten als feine variköse Stränge zu erkennen sind.

Über die letzten Endigungen des R. cochlearis sind die Ansichten geteilt. Die Forscher, welche mit der Golgi'schen Methode gearbeitet haben, leugnen einen direkten Zusammenhang der Nervenendfibrillen mit den Haarzellen und lassen die Nerven frei enden. Nach L. Katz dagegen treten die Nerven in direkte Verbindung nicht bloss mit den Haarzellen, sondern auch mit den Deiters'schen Zellen. Die Fasern gehen nämlich zum Teil gegen die innere Seite der Deiters'schen Zellen und enden hier in verschiedener Höhe vom zangenbecherförmigen Gebilde bis zur Basis mit kleinen Knöpfen,

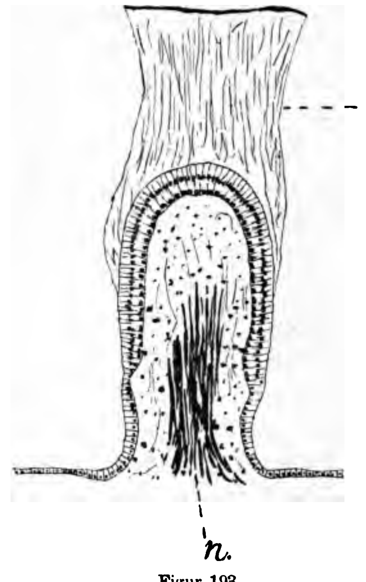
und zwar treten zwei und mehr Fasern mit jeder Zelle in Verbindung. Zum anderen Teil gehen die feinen Nervenfasern an die unteren Teile der Haarzellen, um sich mit denselben in einer knopfförmigen Anschwellung zu verbinden.

Welche von den beiden Ansichten die richtige ist, ob eine freie Endigung der sensorischen Nerven existiert oder ob die Verbindung eine direkte ist, darüber muss die Zukunft Entscheid bringen.

§ 160. Weit weniger kompliziert als die Schnecke sind in ihrem Baue Sacculus, Utriculus und die Bogengänge. Sie zeigen im wesentlichen übereinstimmend eine Zusammensetzung aus drei Schichten. Zu äusserst findet sich ein mit elastischen Fasern untermischtes Bindegewebe, auf welches eine mit Warzen versehene Glashaut folgt, der zu innerst das Epithel aufsitzt. Säckchen und Bogengänge sind durch die bindegewebigen Ligamenta sacculorum et canaliculorum an dem mit Endothelzellen überkleideten Periost des knöchernen Labyrinthes befestigt.

In das Säckchen und die Ampullen tritt der Ramus vestibularis nervi acustici ein. Dieser hat vor seinem Eintritte eine ganglienartige Erweiterung, die Intumescentia ganglioformis Scarpae, und teilt sich in drei Zweige, von welchen der obere zum Sacculus ellipticus und den Ampullen des oberen und äusseren Bogenganges, der mittlere zum Sacculus sphäricus, der untere zur Ampulle des hinteren Bogenganges sich begiebt. Die Ausbreitungsstelle des Nerven heisst in den Ampullen Crista acustica, in den Säckchen Macula acustica. Hier findet sich eine Verdickung des Bindegewebes und der Glashaut, während zugleich das platte Epithel zu einem cylindrischen Neuroepithel wird. An dem letzteren sind zwei Arten von Zellen zu unterscheiden. Die eine Art bilden die Fadenzellen: das sind lange Zellen, welche einen basal gelegenen Kern besitzen und die ganze Höhe der Epithelschicht einnehmen; sie fungieren als Stützzellen. Die zweite Art sind die Haarzellen; dieselben befinden sich nur in der oberen Lage des Epithels, sind kurz und tragen auf ihrer freien Fläche ein Büschel Haare, die zu einem Hörhaare verklebt sind. In den Maculae acusticae findet sich eine weiche, zahlreiche prismatische Otolithen enthaltende Masse. Auf den Cristae acusticae kommt eine Bildung vor, die Cupula terminalis, welche durch Zusammenkleben von Haaren artefiziell entstanden ist.

Die Haarzellen sind Sinneszellen, an welche die beim Eintritte in das Epithel marklos werdenden Nervenfasern herantreten. Dieser Annahme einer direkten Verbindung steht die Angabe gegenüber, die wiederum



Figur 193.
Crista acustica mit Cupula terminalis von der Katze; nach einem Präparate von L. Katz. c = Cupula terminalis; n = Nerven.

durch die Golgi'sche Methode gewonnen wurde, wonach eine solche direkte Verbindung nicht existieren soll. Nach Kaiser, der unter Merkels Leitung gearbeitet hat, treten Axencylinderfibrille und Haarzelle mit einander in indirekten Kontakt, indem nämlich die Fibrillen sich ausbreiten und so einen nervösen Kelch bilden, in welchem die Sinneszelle steckt. Dieser Kelch besteht wie der Axencylinder aus hyaliner, Granula enthaltender Grundsubstanz.

§ 161. Das mittlere Ohr wird von der Paukenhöhle und der Tuba Eustachii gebildet.

Die Paukenhöhle hat eine Schleimhaut, welche mit dem unter ihr liegenden Periost der knöchernen Wandung eng verwachsen ist. Sie ist dünn, bindegewebig und mit einer einfachen Lage kubischer Epithelzellen bedeckt. Zuweilen sind diese Zellen, besonders am Boden des Cavum tympani, bewimpert. Drüsen finden sich nur im vorderen Abschnitte der Schleimhaut.

Die Tuba Eustachii besitzt ein auf fibrillärem Bindegewebe aufsitzendes geschichtetes Flimmerepithel von Cylinderzellen, deren Flimmerstrom gegen den Pharynx gerichtet ist. In der dem Pharynx benachbarten Hälfte der Tube kommen zahlreiche Schleimdrüsen vor.

§ 162. Das äussere Ohr besteht aus der Ohrmuschel oder Auricula, dem äusseren Gehörgange, Meatus auditorius externus, und dem Trommelfell, Membrana tympani.

Die Auricula, sowie ein Teil des äusseren Gehörganges haben eine aus elastischem Knorpel bestehende Grundlage und sind von der äusseren Haut überzogen, die sich bis zum Trommelfell fortsetzt. In der Haut liegen zahlreiche Knäueldrüsen, die Ohrenschmalzdrüsen oder Glandulae ceruminosae, deren Sekret das Ohrenschmalz oder Cerumen ist. Während der sezernierende Abschnitt dieser Drüsen kubische Zellen in einfacher Schicht besitzt, unter denen Muskelfasern und eine Membrana propria gelegen sind, haben die Ausführungsgänge mehrere Lagen von Epithelzellen.

Die Membrana tympani ist eine bindegewebige Lamelle,

deren dem Cavum tympani zugekehrte Fläche von der Paukenhöhlenschleimhaut, deren dem Meatus auditorius zugewandte Fläche von der äusseren Haut überzogen ist. Der lange Hammergriff ist an der Stelle, mit der er dem Trommelfell anliegt, von hyalinem Knorpel bedeckt. Die Bindegewebsfibrillen des Trommelfells, das mit dem Periost des Sulcus tympanicus zusammenhängt, sind an der lateralen Oberfläche radiär, an der zum Cavum tympani gekehrten circulär orientiert.

e) Das Gesichtsorgan.

§ 163. Das Gesichtsorgan besteht aus dem Augapfel oder Bulbus mit dem Sehnerven und den Schutzorganen, nämlich den Augenlidern und dem Thränenorgan.

Der physiologisch wichtigste Teil ist der Bulbus mit dem Opticus, an dessen Beschreibung ich zunächst gehen will.

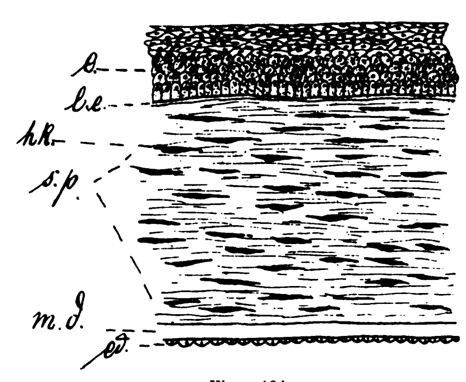
Der Augapfel, Bulbus oculi, besteht aus einem Systeme von Häuten oder Kapseln, die einen teils flüssigen, teils festen Inhalt einschliessen, und hat Kugelgestalt. Die äussere Kapsel ist die Lederhaut oder Sclera, welche die grössere, hintere Partie des Bulbus darstellt und nach vorn in die gewölbte Hornhaut, Cornea, mit welcher sie zusammenhängt, übergeht. Die Sclera ist undurchsichtig und von weisslicher Farbe, die Cornea ist transparent und stellt das erste lichtbrechende Medium des Auges dar, gehört also zu dessen dioptrischen Apparaten. Die mittlere Kapsel ist die sogenannte Uvea und besteht aus drei Teilen, nämlich der Chorioidea oder Aderhaut, dem Corpus ciliare und der Iris oder Regenbogenhaut. Die Uvea liegt der Sclera an und ist auf ihrer Innenfläche dunkel pigmentiert. Die innerste Kapsel ist die Netzhaut oder Retina mit der Endausbreitung des Nervus opticus. Der geformte und ungeformte Inhalt stellt die brechenden Medien des Sehorganes dar; auf die Cornea folgt der flüssige Humor aqueus, hinter der Iris liegt die Krystallinse und der zu den geformten Bestandteilen zu rechnende Glaskörper, Corpus vitreum.

Die Sclera wird hauptsächlich aus Bindegewebsbündeln gebildet, in denen feinere elastische Fasern vorkommen, die an der konkaven Fläche ziemlich reichlich sind. Die Bündel kreuzen sich in meridionaler und aequatorialer Richtung, d. h. vom Sehnerveneintritte aus ziehen Bündel zur Hornhaut hin in meridianer Richtung, die rechtwinkelig von Bündeln gekreuzt werden, welche parallel mit dem Äquator des Bulbus verlaufen. Die Zellen der Sclera sind die gewöhnlichen Bindesubstanzzellen, die in unregelmässigen Saftlücken liegen. Zwischen

Sclera und Chorioidea ist ein lockeres Gewebe vorhanden, das elastische Fasern, sternförmige Pigmentzellen und Endothel enthält; dasselbe wird als Lamina fusca sclerae bezeichnet. In der Nähe der Vereinigung von Sclera und Cornea oder besser des Überganges der einen Haut in die andere ist ein ringförmig den Bulbus an dieser Stelle durchziehender Kanal vorhanden, der Schlemm'sche Kanal, der als ein Geflecht venöser Gefässchen, von manchen Autoren aber als Lymphkanal betrachtet wird.

Die Übergangsstelle der Sclera in die Cornea, der sogenannte Corneafalz, zeigt durch das Zusammentreffen mehrerer Gebilde eine bedeutende Komplikation. Der Übergang beider Häute in einander selbst ist ein direkter, die Übergangslinie ist eine schräg von vorn aussen nach hinten innen ziehende. Im Falze stossen Iris, Corpus ciliare und Cornea zusammen; es entsteht hierdurch der Iriswinkel. Von der Iris gehen beim Menschen kaum wahrnehmbare Fortsätze gegen die hintere Basalmembran der Cornea, die Irisfortsätze, die bei Huftieren das starke Ligamentum iridis pectinatum bilden. Ausserdem treten hierher noch Fasern aus dem Bindegewebe des Ciliarmuskels, sodass in den Iriswinkel vier Bestandteile des Auges eingehen, nämlich Ciliarmuskel, Iris, Sclera und Cornea. Im Winkel sind zwischen den Fasern runde oder unregelmässig gestaltete Räume vorhanden, welche man Fontana'sche Räume nennt.

Die Cornea hat folgenden Bau. Sie besteht von aussen nach innen aus fünf Schichten: aus dem Hornhautepithel, der Lamina elastica anterior, der Substantia propria corneae, der Descemet'schen Haut und dem Hornhautendothel.



Figur 194.
Senkrechter Schnitt durch die Cornea der Katze. *e* = Hornhautepithel; *le* = Lamina elastica anterior; *sp* = Substantia propria corneae; *hk* = Hornhautkörperchen; *md* = Membrana Descemeti; *ed* = Hornhautendothel.

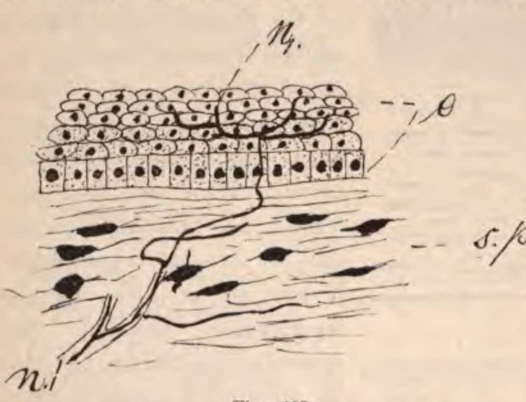
Das Hornhautepithel ist ein geschichtetes Pflasterepithel, dessen unterste und zugleich innerste Lage von einer Reihe Cylinderzellen gebildet wird, deren runde Kerne im distalen Teile der Zelle gelegen sind. Darauf kommen drei bis vier Lagen rundlicher Zellen; diese sowie die Cylinderzellen besitzen eine schwache Granulierung. Auf die rundlichen folgen mehrere Lagen platter Zellen, die länger als breit sind und deren längste Axe im Äquator der Cornea ge-

legen ist. Die Kerne dieser Zellen sind länglich, die Zellen selber ganz homogen. Am Hornhautrande setzt sich das Epithel in das Conjunctivalepithel der Sclera fort.

Die **Lamina elastica anterior**, auch **Bowman'sche Membran** oder **vordere Basalmembran** genannt, ist eine homogene feine Schicht, deren Grenze gegen die nächstfolgende Schicht glatt, gegen das Hornhautepithel gezähnelt erscheint. Die Zähnchen dienen der Cylinderzellenschicht des Hornhautepithels zur Befestigung.

Die **Substantia propria corneae**, die Hauptmasse der Hornhaut, wird von Fibrillenbündeln gebildet. Die Fibrillen sind durch eine interfibrilläre Kittsubstanz zu Bündeln vereinigt, die Bündel hängen unter einander durch eine interfasciculäre Kittsubstanz zusammen und stellen so Lamellen dar, die ihrerseits wiederum durch interlamelläre Kittsubstanz mit einander verbunden sind. Die Lamellen verlaufen parallel zur Oberfläche der Hornhaut in Meridianen, welche auf einander senkrecht stehen. Ausserdem finden sich schräg verlaufende Bündel, welche zwischen den einzelnen Lamellen gelegen sind; dieselben heissen **Fibrae arcuatae**. Die Hornhautkörperchen, von denen ein reiches Saftlücken- und Kanalsystem ausgeht, sind bereits bei den Bindesubstanzen ausführlich beschrieben worden; sie liegen zwischen den Lamellen. Ausser den in den Lücken gelegenen fixen Zellen kommen in der Hornhaut auch Wanderzellen vor.

Die **Descemet'sche Haut**, auch **Lamina elastica posterior** oder **hintere Basalmembran** genannt, ist eine glashelle, elastische, breite Haut. Sie stösst direkt an die eigentliche Corneasubstanz und ist an ihrer hinteren Fläche von der innersten Schicht, dem **Hornhautendothel**, bedeckt. Letzteres besteht aus platten Zellen mit leicht prominierenden Kernen.



Figur 195.
Nervenverzweigung in der Hornhaut des Kaninchens.
e = Hornhautepithel; *sp* = Substantia propria corneae; *n* = Nerven; n_1 = Nervenendigungen.

Die Hornhaut hat keine Blutgefässe, nur seitlich ist eine beim Menschen 1—2 mm breite Randzone vorhanden, in welcher sich Gefässe finden.

Die **Nerven** der Cornea gelangen in

das Gewebe von der Sclera aus und treten hier von hinten herein. Ihr Verlauf nach vorn ist ein schräger, wobei sie sich stark ramifizieren. Dicht unter der Elastica anterior zerfallen sie in ein Netz, aus dem die Rami perforantes aufsteigen, welche die Elastica durchbohren und unter dem Hornhautepithel sich in feinste Fasern auflösen. Diese bilden den Hoyer'schen subepithelialen Nervenplexus, aus dem senkrecht Axenfibrillen nach oben steigen, die frei im Epithel enden. Die freie Endigung hat zuerst Cohnheim nachgewiesen. (In der Figur 195 ist der Hoyer'sche Plexus nicht gezeichnet).

§ 164. Der Bau der Uvea ist ein bedeutend komplizierterer.

Die Chorioidea besteht aus drei Schichten, deren innerste die strukturlose Glashaut oder Grenzschicht ist. Die innere Oberfläche derselben stösst an die Retina an und zeigt hier in Folge des Andrückens des retinalen Pigmentepithels eine polygonale Zeichnung, die äussere Fläche besitzt eine gitterartige Zeichnung.

Auf die Glashaut folgt die Choriocapillaris. Dieselbe stellt ein ungemein dichtes, engmaschiges Netz von Haargefässen dar, die in ein feines Fasernetz eingebettet sind. Diese Schicht, welche kein Pigment enthält, reicht bis zur Ora serrata. Zwischen ihr und der nächstfolgenden Schicht findet sich bei Säugetieren das Tapetum. Wiederkäuer und Pferde haben ein Tapetum fibrosum, da dasselbe aus welligen Bindegewebsbündeln besteht, die bei Lichteinfall iridescieren. Die Raubtiere besitzen ein Tapetum cellulare, das von mehreren Lagen abgeplatteter Zellen gebildet wird.

Die dritte Schicht ist die eigentliche Chorioidea; sie wird von einem Netzwerke verzweigter, sternförmiger oder unregelmässig konturierter Bindegewebszellen, welche ein dunkelschwarzbraunes Pigment enthalten, und von elastischen Fasern gebildet und besitzt sehr viel arterielle und venöse Gefässe. Im Stroma finden sich glatte Muskeln und zu feinen Membranen vereinigte pigmentlose Endothelzellen.

Das Corpus ciliare ist die Fortsetzung der Chorioidea nach vorn von der Ora serrata aus. Es besteht aus den Processus ciliares, deren beim Menschen 70—80 vorhanden sind. Sie fangen an der Ora serrata niedrig an, erreichen allmählig 1 mm Höhe und enden nahe dem Linsenrande, plötzlich wieder niedrig werdend. Sie sind meridianartig gestellt, von einem platten Pigmentepithel bekleidet und bestehen aus fibrillärem Bindegewebe mit Blutgefässen. Über das Corpus ciliare zieht sich die Glashaut der Chorioidea, die an der Ora serrata glatt ist, dann aber netzartige Vertiefungen und Erhaben-

heiten erhält, die zuerst meridianartig geordnet sind, dann bis zur Iris hin rundliche Maschen bilden. Diese netzartige Bildung ist das Reticulum von H. Müller.

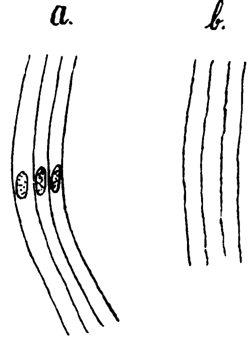
Der Musculus ciliaris, von Brücke und Bowman entdeckt, entspringt an der Übergangsstelle der Sclera in die Cornea aus dem Bindegewebe der Innenwand des Schlemm'schen Kanals und besteht aus glatten Muskelfasern. Die Faserbündel laufen zunächst meridional nach hinten bis zur Chorioidea — diese Partie stellt den eigentlichen Tensor chorioideae dar —, dann wird die Richtung mehr äquatorial, so dass eine Art Muskelgeflecht entsteht. Die radiären Faserbündel, den vorigen zunächst gelegen, sind von aussen nach innen gegen die Mitte des Bulbus orientiert. Dazu kommen noch äquatoriale (circuläre) Fasern, welche ganz einwärts liegen und den Müller'schen Ringmuskel darstellen.

Die Iris oder Regenbogenhaut ist die Blende für die Linse des Auges. An ihrer Vorderfläche hat diese Haut eine einfache Lage polyedrischer Endothelzellen, auf welche die vordere Grenzschicht folgt, die aus Netzen von Bindegewebsfibrillen besteht, in welchen die sternförmigen Zellen der Chorioidea wieder auftreten. Sind diese Zellen pigmentfrei, so erscheint die Iris blau, in den anders gefärbten Augen ist Pigment vorhanden, das aus gelblichen, braunen oder schwarzen Körnchen besteht, welche die betreffenden Zellen dicht erfüllen. Auf die vordere Grenzschicht kommt die Gefässschicht der Iris, in deren Stroma zahlreiche, radiär gerichtete Gefässe und viele Nerven vorhanden sind. Ausserdem kommen hier glatte Muskeln vor, welche die ungemeine Kontraktilität der Iris bedingen. Am freien Rande der Iris sind die Muskeln ringförmig angeordnet und stellen so den Sphincter pupillae dar; von da ziehen die Muskeln radiär gegen den äusseren Rand, ohne eine zusammenhängende Lage zu bilden, diese Fasern nennt man insgesammt den Dilatator pupillae. Auch in der Gefässschicht finden sich sternförmige Zellen, deren Pigmentmangel mit denen der vorderen Grenzschicht die blaue Farbe der Augen, deren Pigmentgehalt die Farbe der anders gefärbten Regenbogenhäute bedingt. Endlich folgt die hintere Grenzschicht, eine glashelle elastische Membran, die an ihrer der Linse zugekehrten Fläche mit zwei Lagen Pigmentzellen bedeckt ist, die man Pars iridica retinae nennt. Das Pigment fehlt diesen Zellen nur im Auge der Albinos.

§ 165. Die geformten Inhaltsteile des Auges sind die Krystallinse und der Glaskörper.

Die Krystallinse, Lens crystallina, wird von einer Kapsel umschlossen und besteht aus zarten, glasartig durchsichtigen Fasern.

Die Linsenkapsel ist eine wasserhelle strukturlose Membran, die vorn bedeutend dicker ist als hinten. Ihre Innenfläche ist von vorn bis zum Linsenäquator mit einem kubischen oder platten Epithel in einfacher Lage bedeckt, das am Äquator in die Linsenfasern übergeht.



Figur 196.
Linsenfasern der Maus.
a. Fasern mit Kern und glattem Kontur. b. Fasern ohne Kern mit gezähneltem Kontur.

Die Linsenfasern, welche die eigentliche Linsensubstanz bilden, sind durch eine homogene Kittsubstanz mit einander verbunden. Es sind sechseckige glashelle Prismen, welche bandartig ausgezogen sind und in meridianer Richtung vom vorderen zum hinteren Linsenpole ziehen. Die peripheren Fasern besitzen in der Äquatorgegend einen ovalen Kern, die mehr centralen sind kernlos. Am vorderen und hinteren Linsenpole sind die Fasern stärker angehäuft. Die peripheren Linsenfasern haben glatte, die centralen gezähnelte Ränder. Die Fasern reichen nicht von einem Pole zum anderen, sondern enden, je näher sie dem vorderen entspringen, um so weiter entfernt vom hinteren Pole. Die Kittsubstanz bildet bei Erhärtungen in Folge ihrer Anhäufung an den beiden Polen den vorderen und hinteren Linsenstern. Zu erwähnen ist noch, dass die Rinde der Linse weicher ist als der Kern.

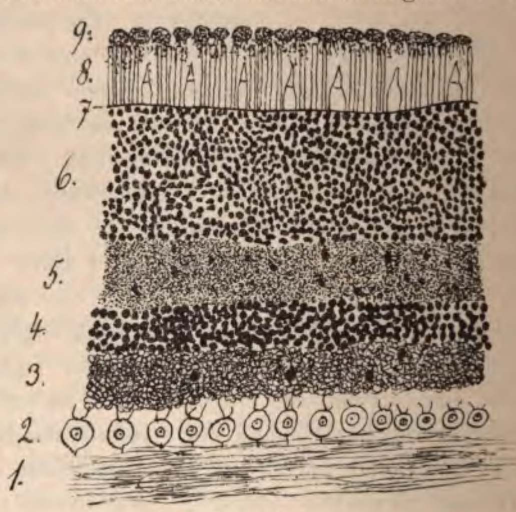
Der Glaskörper, Corpus vitreum, ist ein Gallertgewebe, das aus Fasern, die sich in allen Richtungen kreuzen, und aus Zellen von runder und sternförmiger Gestalt besteht. Der Glaskörper ist von einer Membran umgeben, der Membrana hyaloidea, von welcher in der Gegend der Ora serrata feine Fasern entspringen, die meridional gegen die Linse gerichtet sind, sich einerseits am Äquator derselben anheften, andererseits mit den Ciliarfortsätzen zusammenhängen. Diese Fasern stellen die Zonula ciliaris oder das Strahlenbändchen dar und bilden ein Suspensorium der Linse. In der Zonula ist ein dreieckiger Kanal, der Canalis Petiti, vorhanden, der aber nach vorn und nach hinten nicht völlig abgeschlossen ist.

§ 166. Die Netzhaut, Retina, die innerste Kapsel des Bulbus, ist derjenige Abschnitt, in welchem die Ausbreitung des Sehnerven sich findet und der daher die lichtempfindende Partie des Auges darstellt. An dem Eintritt des Nervus opticus, der von

hinten her unter Durchbohrung der einzelnen Schichten erfolgt, wobei die sogenannte Papilla optici entsteht, ist die Netzhaut am stärksten. Nach den Seiten zu wird sie allmählig dünn und reicht bis in die Nähe des Ciliarkörpers, wo sie in gezackter Linie als Ora serrata endet. Von der Ora serrata bis zum Ciliarrande der Iris reicht die sogenannte Pars ciliaris retinae und von da bis zum Pupillarrande der Iris die Pars iridica retinae, welch letztere schon bei Beschreibung der Iris geschildert wurde. Die Retina kleidet also die ganze Innenwand des Bulbus aus.

Auf senkrechten Schnitten durch die Pars optica retinae, die von der Papilla optica bis zur Ora serrata reicht, trifft man einen ungemein komplizierten Bau, der eine Abweichung an dem nach aussen vom Sehnerveneintritte gelegenen gelben Fleck, der Macula lutea, mit seiner centralen Depression, der Fovea centralis, erfährt. An der Papilla optica selber sind keine Retinaschichten vorhanden, hier findet sich der blinde Fleck.

An jeder Netzhaut kann man von innen nach aussen folgende neun Schichten unterscheiden. Zu innerst liegt die Nervenfaserschicht, darauf kommt die Ganglienzellenschicht, die dritte ist die innere reticuläre Schicht, die vierte die innere Körnerschicht, die fünfte die äussere reticuläre Schicht oder Zwischenkörnerschicht, dann folgt sechstens die äussere Körnerschicht, siebentens die Membrana limitans externa, achtens die Stäbchen- und Zapfenschicht und neuntens die Pigmentschicht, welche dicht unter der Chorioidea gelegen ist, aber zu dieser weder physiologisch noch genetisch gehört. Viele Autoren nehmen noch nach innen eine zehnte Schicht, bei unserer Zählweise also die eigentlich erste, an, die sie Membrana limitans interna bezeichnen. Eine solche



Figur 197.
Schnitt durch die Retina der Katze.
1. = Nervenfaserschicht; 2. = Ganglienzellenschicht; 3. = innere reticuläre Schicht; 4. = innere Körnerschicht; 5. = äussere reticuläre Schicht; 6. = äussere Körnerschicht; 7. = Membrana limitans externa; 8. = Stäbchen- und Zapfenschicht; 9. = Pigmentepithelschicht.

Membran indessen existiert als selbständiges Gebilde nicht, im Gegensatze zur Limitans externa, denn die Interna ist nichts anderes wie eine Aneinanderlagerung von Fasern der in der Retina vorhandenen Stützsubstanz.

Man kann zwei Hauptabteilungen an der Retina machen, indem man die Neuroepithelschicht und die Gehirnschicht unterscheidet.

Betrachten wir zunächst die Neuroepithelschicht; dieselbe wird von den Stäbchen und Zapfen, von der äusseren Körnerschicht und vom Pigmentepithel gebildet.

Die Stäbchen sind cylindrische Gebilde von schlanker Form, die aus einem homogenen Aussengliede und einem feingranulierten Innengliede bestehen; die Grenze zwischen beiden Teilen ist eine deutliche. An der hinteren Fläche der Retina sind die Stäbchen am längsten, nach den vorderen Partieen hin werden sie kürzer und sind am niedrigsten an der Ora serrata. Basalwärts, d. h. nach innen von der Limitans, geht das Stäbchen in eine sehr feine Faser, die Stäbchenfaser, mit kernhaltiger Anschwellung, dem Stäbchenkorn, über, welch letzteres in verschiedener Höhe liegt.

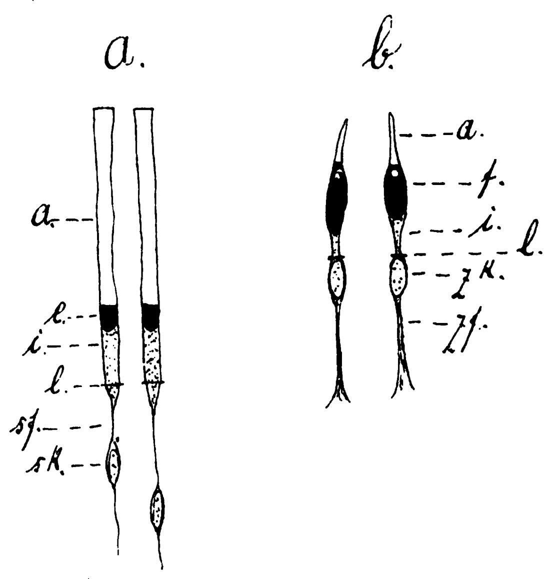


Fig. 198.
a. Stäbchen, b. Zapfen aus der Retina des Frosches.
a. = Aussenglied; *i.* = Innenglied; *l.* = Limitans; *e.* = Stäbchenellipsoid; *sf.* = Stäbchenfaser; *sk.* = Stäbchenkorn; *f.* = Fadenapparat; *zk.* = Zapfenkorn; *zf.* = Zapfenfaser.

An der Grenze von Innen- und Aussenglied, in ersterem gelegen, findet sich ein plankonvexer Körper, dessen flache Seite nach aussen gerichtet ist. Dies ist das Stäbchenellipsoid von Krause, das namentlich an den Stäbchen der Froschretina sehr deutlich ist; das Ellipsoid wird auch Fadenapparat genannt. Aussenglied und Innenglied lassen eine Längsstreifung erkennen, welche durch longitudinale Vertiefungen hervorgebracht wird, und jenes zerfällt, wie Max Schultze zuerst nachgewiesen hat, in quere Plättchen. Diese Plättchenstruktur der Stäbchen ist eine bei diesen Gebilden in allen Augen, auch in denen der Wirbellosen (Cephalopoden, Heteropoden),

vorhandene charakteristische Eigenschaft. Aussenglied und Innenglied des Stäbchens und der Teil nach innen von der Limitans bilden zusammen die Stäbchenzelle; der eigentlich plasmatische Abschnitt ist der nach innen von der Limitans, während das Aussenglied homogen ist und als Abscheidungsprodukt von jenem betrachtet werden kann.

Auch die Zapfen, deren Gestalt ungefähr die einer Flasche ist, haben ein Aussen- und ein Innenglied. Das Aussenglied ist kurz, im allgemeinen konisch gestaltet und zerfällt wie das Stäbchenaussenglied in quere Plättchen. Das Innenglied ist dick, bauchig, besitzt einen Fadenapparat, ähnlich wie das Stäbchen und zeigt ebenfalls eine Längsstreifung. Nach Innen von der Limitans gehen die Zapfen in relativ breite Fasern, die Zapfenfasern, über, welche ganz wie die Stäbchen, eine kernhaltige Anschwellung, das Zapfenkorn, besitzen; dieses Zapfenkorn liegt sehr dicht an der Limitans. Die Zapfenfasern durchsetzen die äussere Körnerschicht und ruhen breit auf der äusseren reticulären Schicht. Die Zapfen bilden mit ihren Teilen ebenso Zellen wie die Stäbchen. Innenglied und Aussenglied der Zapfen und Stäbchen liegen nach aussen von der Limitans, Zapfen- und Stäbchenfasern mit dem betreffenden Korn nach innen von derselben.

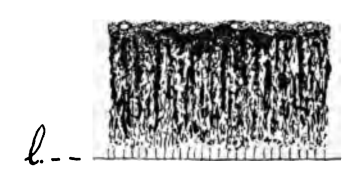
Die Zahl der Stäbchen ist bedeutend grösser als die der Zapfen, es kommen etwa drei bis vier Stäbchen auf einen Zapfen.

Die äussere Körnerschicht besteht, wie aus der Schilderung des Baues der Stäbchen und Zapfen erhellt, aus den Stäbchen- und Zapfenfasern (abgesehen von dem bindegewebigen Gerüste, dessen noch zu gedenken sein wird) und den betreffenden Körnern. Die letzteren sind es, welche der Schicht ihr charakteristisches Aussehen geben. Die Zapfenkörner liegen dicht an der Limitans externa, die Stäbchenkörner reichen tiefer herab und liegen in verschiedenen Höhen, die grosse Zahl der letzteren bedingt die relative Mächtigkeit dieser Schicht. Die Limitans externa, welche diese von der Stäbchen- und Zapfenschicht trennt, ist zum Durchtritte der Fasern dieser Gebilde siebartig durchlöchert.

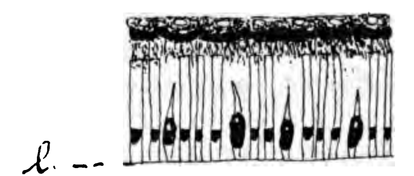
Zur Neuroepithelschicht gehört endlich noch das Pigmentepithel. Die Zellen desselben, welche nach aussen von der Stäbchen- und Zapfenschicht gelegen sind, sind sechsseitige Gebilde, die in einfacher Lage angeordnet sind. An der Fläche, die der Chorioidea zugekehrt ist, liegt der Kern und seine Anwesenheit ist durch den Mangel des Pigmentes an dieser Stelle gekennzeichnet. Die Zellen senden feine plasmatische Fortsätze in die Stäbchen- und Zapfen-

schicht hinein, mit denen sie die Zapfen und Stäbchen umhüllen. Das Pigment, aus kleinen Körnchen und Stäbchen bestehend, ist von dunkelschwarzbrauner Farbe, erfüllt den Zellleib mit Ausnahme der Kernpartie sehr dicht und ist auch in den die Zapfen und Stäbchen umhüllenden Fortsätzen vorhanden, sodass die einzelnen Elemente dieser Schicht von einem Pigmentmantel umgeben sind. Das Pigment fehlt ausser in der Kernregion jeder einzelnen Zelle den Augen der Albinos vollständig und ist ferner in den Zellen nicht vorhanden, welche hinter dem Tapetum gelegen sind.

Eine interessante Eigentümlichkeit besitzt das retinale Pigmentepithel nicht bloss bei den Wirbeltieren, sondern auch, wie jetzt nachgewiesen ist, in den Augen aller Typen. Es wandert nämlich unter dem Einflusse der Dunkelheit, also bei Abwesenheit eines Lichtreizes, aus den in die Neuroepithelschicht hineinragenden Fortsätzen weg nach hinten. Ist das Auge belichtet, dann trifft man in



Figur 199.
Teil einer belichteten Froschretina.
l Limitans.



Figur 200.
Teil einer Dunkelretina vom Frosch.
l Limitans.

Präparaten, die von solchen Augen angefertigt wurden, die geschilderten Verhältnisse an: ein Umhülltsein der Stäbchen und Zapfen von Pigment. Haben die Tiere im Dunkeln geweilt, zwei Stunden und mehr, hat man dieselben im Dunkeln getödtet und die Augen in geeigneter Weise fixiert und konserviert, dann sieht man in Präparaten von diesen Augen, dass das Pigment aus der Stäbchen- und Zapfenschicht völlig oder fast völlig verschwunden ist, die sonst in Folge des Pigmentes gar nicht oder nur wenig sichtbaren Elemente treten jetzt deutlich hervor und man kann an ihnen die Details wahrnehmen, die sonst nur an Isolationspräparaten zu erkennen sind. Aber wohl gemerkt, nicht die Fortsätze der Pigmentzellen haben sich eingezogen, sondern das Pigment ist aus ihnen herausgewandert, die jetzt farblosen Fortsätze umgeben nach wie vor die Stäbchen und Zapfen. Das Pigment wandert also dem Lichte zu, denn die Neuroepithelschicht ist im Wirbeltierauge vom Lichte abgewendet — hierin beruht ein fundamentaler Unterschied von den Augen der Wirbellosen, in denen die Stäbchen dem Lichte zugewandt sind, mit Ausnahme

der Augen von Pecten und Onchidium —, es wird von dem Reize (Licht) zur Thätigkeit angeregt, ist demnach positiv heliotropisch.

§ 167. Die *Gehirnschicht* der Retina ist die Partie, welche die bisher nicht besprochenen Schichten enthält. Zu äussert, der äusseren Körnerschicht angrenzend, liegt die *äussere reticuläre* oder *Zwischenkörnerschicht*. Dieselbe, auf welcher, wie erwähnt, die Zapfenfasern aufruhen, stellt ein Netzwerk der Stützsubstanz dar, ausserdem ist hier auch ein nervöses Netz vorhanden, in dem einzelne Kerne gelegen sind.

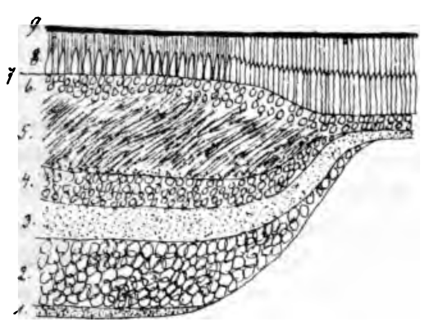
Die innere *Körnerschicht* wird auch *Ganglion retinae* genannt. Ein Hauptteil der Körner nämlich wird durch bipolare kleine Ganglienzellen gebildet, deren innerer Fortsatz ungeteilt in die innere reticuläre Schicht geht, während der äussere Fortsatz zur äusseren reticulären Schicht aufsteigt und hier in ein horizontales Fasernetz sich einsenkt. Die innerste Lage der Körner, die der inneren reticulären Schicht benachbart ist, sind die *Müller*'schen *Spongioblasten*, die einen nach innen gehenden Fortsatz besitzen, welcher sich in die innere reticuläre Schicht begiebt. Neuere Autoren halten die Spongioblasten für nervös.

Auf die innere Körnerschicht folgt die *innere reticuläre Schicht*, auch *Stratum moleculare* genannt. Dieselbe stellt ein feines Netzwerk dar, das bisher der Stützsubstanz zugeschrieben wurde, nach neueren Untersuchungen aber nervös sein soll. Die Fortsätze der Ganglienzellenschicht, die der bipolaren Zellen der inneren Könerschicht und die *Müller*'schen Stützfasern sollen diese Schicht durchsetzen.

Die *Ganglienzellenschicht* oder das *Ganglion nervi optici* besteht aus multipolaren Ganglienzellen, die am Augenhintergrunde in mehrfachen Lagen (6—10) angeordnet sind, während sie nach der Peripherie zu an Zahl abnehmen und dann nur noch in einfacher Lage vorkommen. Die „Protoplasmafortsätze“ steigen durch die innere reticuläre zur inneren Körnerschicht auf, die Axencylinderfortsätze gehen zu der Nervenfaserschicht.

Die innerste Schicht, die *Nervenfaserschicht*, besteht aus den nackten Axencylindern des Opticus, die zu Bündeln arrangiert sind. An der Eintrittsstelle des Opticus ist diese Schicht am stärksten, modifiziert wird die von hier ausgehende radiäre Verbreitung der Nerven durch die Macula lutea.

Wir haben jetzt im Anschlusse an das oben Gesagte die besondere Modifikation des Retinabaues in der *Macula lutea* und *Fovea centralis* zu besprechen.



Figur 201.
Schema der Macula lutea und Fovea centralis: kopiert nach Frey.
1 = Nervenfaserschicht; 2 = Ganglienzellenschicht; 3 = innere reticuläre Schicht: 4 = innere Körnerschicht; 5 = äussere reticuläre (faserig erscheinende) Schicht; 6 = äussere Körnerschicht; 7 = Limitans; 8 = Zapfenschicht; 9 = Pigmentepithelschicht.

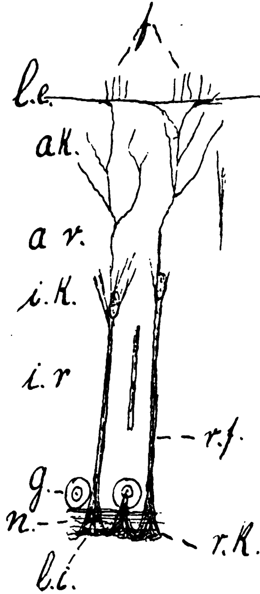
Die Farbe des gelben Flecks wird durch einen diffus verteilten bräunlichen oder gelben Farbstoff bedingt, der in der Gehirnschicht lokalisiert ist, in der Neuroepithelschicht fehlt. Die Fovea centralis ist farblos. Beim Übergange zur Macula lutea wird die Ganglienzellenschicht sehr breit, die Lagen derselben sind zahlreich, in der Stäbchen- und Zapfenschicht sind nur Zapfen vorhanden, die übrigen Schichten bleiben unverändert. Die centrale Depression der Macula, die Fovea centralis, zeigt eine Verdünnung der Retinaschichten, indem frühzeitig die Nervenfaserschicht aufhört, der dann die übrigen Schichten in der Reihe von innen nach aussen folgen. Im Fundus der Fovea ist daher nur die Neuroepithelschicht vorhanden, die einen sehr feinen Saum der äusseren reticulären Schicht noch besitzt.

Am vorderen Ende der Retina, der Ora serrata, treten ebenfalls Veränderungen im Bau ein, indem zunächst die Nervenfaser- und Ganglienzellenschicht aufhören, denen bald die beiden reticulären Schichten folgen, so dass die beiden Körnerschichten auf einander stossen. In der Neuroepithelschicht fehlen die Stäbchen und die noch vorhandenen Zapfen scheinen keine Aussenglieder zu besitzen.

Die Pars ciliaris retinae besteht aus einer einfachen Lage Cylinderzellen, die mit den an der Ora serrata, nachdem dort auch die Zapfen geschwunden sind, noch vorhandenen beiden Körnerschichten zusammenhängen. Der freie Rand dieser Zellen trägt einen cuticularen Saum, den man als eine Limitans interna betrachten kann.

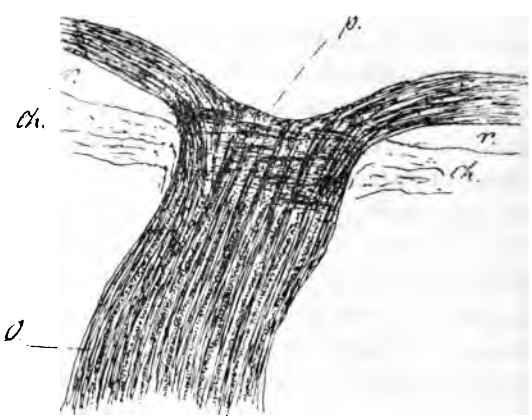
§ 168. Zu erwähnen ist noch die Stützsubstanz der Retina. Dieselbe kann füglich mit der Neuroglia des Centralnervensystems verglichen werden. An der Innenfläche der Retina finden sich kegelförmige, im Schnitte dreieckig aussehende Gebilde, die Füsse der Stützfasern, auch Radiärfaserkegel genannt. Diese Kegel sind faserig und die Fasern der benachbarten Kegel legen sich eng an einander, so eine Limitans interna vortäuschend. Von den Kegeln aus ziehen verschmälert die Radiärfasern oder Müller'schen Stützfasern in die Retina hinein. Dieselben werden immer schmaler, gehen glatt

durch die innere reticuläre Schicht, ohne sich mit derselben zu verbinden, und dringen in die innere Körnerschicht ein. Hier gehen von den Fasern runde und platte Fortsätze ab, in welchen Kerne liegen, sie dringen dann weiter durch die anderen Schichten bis zur Limitans externa, mit welcher sie verschmelzen. Auf dem Wege zu derselben geben sie stets zahlreiche Fasern als Stützapparate für die Elemente der Schichten ab. Auf der Limitans stehen zarte Fäserchen, die als Faserkörbe die inneren Enden der Stäbchen und Zapfen umgeben.



Figur 202.
Stützsubstanz der Retina des Frosches (Schnittpräparat.)
li = Limitans interna (?); *rk* = Radiärkegel; *rf* = Radiärfasern; *f* = Faserkörbe; *n* = Nervenfaser; *g* = Ganglionzellen; *ir* = innere reticuläre, *ik* = innere Körner-, *ar* = äussere reticuläre, *ak* äussere Körnerschicht; *le* = Limitans externa.

§ 169. Der **Nervus opticus** zeigt vor seinem Eintritte in die Retina folgendes Verhalten. Die Hüllen des Gehirns, Dura mater Arachnoidea und Pia mater, setzen sich auf den Sehnerven fort; von ihnen geht die Dura in die Sclera des Auges über und ebenso verschmilzt mit der Sclera die Pia, während die Arachnoidea sich in Fasern auflöst. Die Pia liegt dem Opticus eng an und umhüllt die Faserbündel desselben mit Scheiden. Diese Bündel sind unter einander durch eine kernreiche, neurogliöse Substanz verbunden, die Kerne derselben sind, wie man das an Schnittpräparaten vortrefflich sehen kann, in Längsreihen parallel mit den Opticusbündeln angeordnet, wodurch der Längsschnitt des Nerven ein ganz charakteristisches Gepräge erhält. Die Bündel bestehen aus zahlreichen feinen markhaltigen Nervenfasern, die keine Schwann'sche Scheide besitzen und die ihr Mark an der Eintrittsstelle verlieren. An dieser Stelle ist die mit der Pia vereinigte Sclera siebförmig durchbohrt, sodass eine **Lamina cribrosa**



Figur 203.
Längsschnitt durch den Nervus opticus der Katze bei seinem Eintritte in die Retina.
o = Opticus; *p* = Papilla optica; *r* = Retina; *ch* = Chorioidea.

existiert. An der Papilla optici biegen die Nervenfasern arkadenförmig zur Retina, die Schicht, die sie bilden, ist hier am stärksten und nimmt zur Ora serrata hin allmählig an Umfang ab. In der Axe des Opticus liegen die Arteria und Vena centralis retinae (in Figur 203 nicht abgebildet.)

Die Verteilung der Nervenfasern erleidet, wie auch der Bau der Retina, durch die Macula lutea eine Abweichung, und es ist nach A. S. Dogiel für den Menschen diese Verteilung die folgende: Zwischen Opticuseintritt und Macula lutea liegen 25—30 und mehr Nervenbündel, von denen ein Teil direkt zum inneren Rande des gelben Flecks geht, während der andere Teil bogenförmig dem oberen, unteren und lateralen Rande sich nähert. Diese Fasern bilden einen dichten Plexus, werden im Gebiete der Macula zu feineren Bündeln, aus denen Fasern abgehen, welche, soweit sich das beobachten lässt, den Rand der Fovea centralis ringförmig umgeben. In die Fovea sollen von hier aus und von andern Faserbündeln sehr feine Züge hineingehen, eine Thatsache, die mit der bisherigen Anschauung der Fovea (cfr. § 108) in entschiedenem Widerstreit ist. Die Fasern, die oberhalb und unterhalb des gelben Fleckes gelegen sind, bilden Bögen, deren Konvexität sich dem Aussenrande der Macula zukehrt.

Es dürfte hier der Ort sein, die Frage zu erörtern, in welcher Weise die Retinaelemente unter einander verbunden sind, zumal die neueren Auffassungen, die sich auf die Resultate der Golgi'schen und der Methylenblaumethode stützen, der alten Max Schultze'schen Lehre schnurstracks entgegen laufen. Dieser grosse Histologe, dessen Arbeiten wir überhaupt erst einen Einblick in den Bau der Sinnesorgane verdanken, hatte die Ansicht ausgesprochen, dass die perzipierenden Elemente der Sinnesorgane Epithelzellen oder umgewandelte Epithelzellen seien, und hatte, wenn auch nicht den sicheren Nachweis erbracht, so doch wahrscheinlich gemacht, dass die von ihm gefundenen Sinneszellen mit den Endfibrillen der Sinnesnerven in direktem Zusammenhange stehen.

Ein solcher Zusammenhang wird gegenwärtig einstimmig nur für die Zellen der Riechschleimhaut mit den Olfactoriusfasern zugegeben, während für das Geschmacksorgan, wie aus der früheren Darstellung erinnerlich, die Ansichten geteilt sind. Aber Sinneszellen, die mit Nervenfasern direkt zusammenhängen, passen nicht in die moderne Anschauung, die nur freie Nervenendigungen kennt, und deshalb werden die Riechzellen als periphere Ganglienzellen aufgefasst. Soll das mehr sein als eine blosse Wortspielerei, so müsste

eine solche Auffassung doch ganz anders begründet werden, als dies bisher geschehen. Für das Gehörorgan und für die Retina wird ein direkter Zusammenhang von Nervenfasern mit Sinneszellen durchaus geleugnet, die Nerven enden in der Retina, wie dies besonders A. S. Dogiel betont hat, frei und haben mit den Stäbchen und Zapfen direkt nichts zu thun. Wäre das wirklich richtig — ich halte diese Darstellungen alle für unrichtig und glaube, dass für diese Arbeiten das Hyrtl'sche Wort sehr bald Geltung haben wird; „senescunt rumores" — dann müsste man sich nur wundern, warum die Natur eine solch unpraktische Einrichtung getroffen hat, wie die Retina. Wozu soll der komplizierte Bau von Stäbchen und Zapfen (das Gleiche gilt für's Corti'sche Organ), die ganz eigentümliche Gruppierung der Elemente an der Stelle des deutlichsten Sehens, wenn die Nervenfasern gar nichts damit zu thun haben! Nach der modernen Auffassung ist die Retina offenbar nur eine Falle für die Histologen, die auf das Studium derselben sehr viel Arbeit anwenden können, welche Arbeit aber pro nihilo ist. Denn enden die Nerven wirklich frei in der Neuroepithelschicht, dann hat es gar keinen Sinn, die Struktur der Stäbchen und Zapfen zu studieren, ja diese Struktur selber hätte dann keinen Sinn. Es ist aber kaum anzunehmen, dass im Organismus so komplizierte Einrichtungen an den Sinnesorganen sich ausgebildet hätten, wenn dieselben nicht in direktester Beziehung mit der Sinneswahrnehmung stünden, und da Sinneswahrnehmung ohne direkte Kontinuität der perzipierenden und leitenden Elemente nicht möglich ist — theoretisch kann allerdings die Physiologie sich mit freier Nervenendigung abzufinden suchen, aber theoretisch lässt sich schliesslich Alles verteidigen —, so wird wohl ein Zusammenhang auch in der Retina (und dem Gehörorgan) existieren, wenn wir denselben auch noch nicht nachweisen können.

Der Fehler ist, wie ich das bereits beim Centralnervensystem hervorgehoben habe, dass man unbedingt den beiden Methoden glaubt, dass man überzeugt ist, es werde durch diese Methoden alles dargestellt, und dass man demgemäss alles leugnet, was man mit den Methoden nicht erkennen kann. Die Annahme, dass die beiden erwähnten Methoden auch versagen können, dass sie vieles, was im Nervensystem und den Sinnesorganen existiert, nicht zeigen, ist, soviel ich sehe, noch nirgends gemacht, und doch liegt diese Annahme nahe, betrachtet man die Resultate, die für die Sinnesorgane und für das Nervensystem gewonnen wurden.

§ 170. Nach dieser kritischen Abschweifung will ich zum Bulbus zurückkehren, dessen Blut- und Lymphgefässe noch zu besprechen sind.

Die Verteilung der Blutgefässe zu schildern, ist Aufgabe der Lehrbücher der deskriptiven Anatomie; es soll daher hier nur das Allernotwendigste gegeben werden.

In der Axe des Nervus opticus verläuft die Arteria centralis retinae, die sich am Opticuseintritte in zwei Äste spaltet, von denen der eine nach aufwärts, der andere nach abwärts verläuft. Diese Äste lösen sich in ein Capillarnetz auf, das in der Retina gelegen ist und bis in die äussere reticuläre Schicht reicht. Die Neuroepithelschicht und die Fovea centralis sind gefässlos. Embryonal ist eine Arteria hyaloidea vorhanden, welche durch den Glaskörper bis zur hinteren Linsenfläche zieht; beim Erwachsenen, dem das Gefäss fehlt, findet sich dafür ein Kanal, der Cloquet'sche Kanal oder Canalis hyaloideus.

An den Vasa ciliaria haben wir drei Arteriengebiete zu unterscheiden. Die Arteriae ciliares posticae breves lösen sich nach Durchbohrung der Sclera in das Capillarnetz der Choriocapillaris auf; sie kommunizieren mit Ästen der Arteria centralis retinae.

Die Arteriae ciliares posticae longae treten durch die Sclera in der Nachbarschaft des Opticuseintrittes und gehen als nasaler und als temporaler Zweig zwischen Sclera und Chorioidea zum Corpus ciliare.

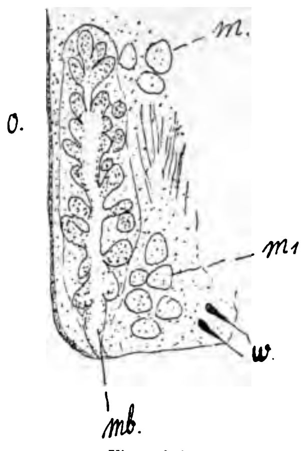
Die Arteriae ciliares anticae endlich treten in der Nähe des Randes der Cornea durch die Sclera, versorgen den Ciliarmuskel und gehen als rücklaufende Äste zur Membrana choriocapillaris.

Während die Venen der Retina mit den Arterien parallel verlaufen, haben die Ciliarvenen andere Wege als die Arterien. Im Äquator des Bulbus treten dieselben zu vier oder mehr Stämmchen, den Venae vorticosae, zusammen, welche nach Durchbohrung der Sclera in die Vena ophthalmica einmünden.

Die Lymphbahnen des Auges, deren Kenntnis wir vorzugsweise den Untersuchungen von Schwalbe verdanken, können als vorderer und hinterer Lymphraum unterschieden werden. Der vordere Lymphraum besteht aus den Lymphbahnen der Conjunctiva, der Cornea, der Iris, der Ciliarfortsätze und aus der vorderen Augenkammer.

Hinter den Ciliarfortsätzen liegt der hintere Lymphraum. Die Räume zwischen den Opticusscheiden (Subdural- und Subarachnoidealraum), der Perichorioidealraum, welcher zwischen Sclera und Chorioidea gelegen ist, und der Tenon'sche Raum bilden die Teile des hinteren Lymphraumes.

§ 171. Die Schutzorgane des Auges werden durch die Augenlider und das Thränenorgan dargestellt.



Figur 204.
Schnitt durch das Augenlid des Menschen (unvollständig). *o* = Ocularfläche; *m*, m_1 = Muskeln; *w* = Wimpern; *mb* = Meibom'sche Drüse.

Die Augenlider, Palpebrae sind Ausstülpungen der äusseren Haut, welche ihre äussere Fläche überzieht. An der Lidkante geht dieselbe in die Conjunctiva palpebrae, die Augenbindehaut, über. Die Substanz des Augenlides besteht aus Bindegewebe, dem Muskeln eingebettet sind, über welche die deskriptive Anatomie berichtet, und enthält der hinteren Fläche genähert eine bindegewebsknorplige Platte, den Tarsus, in welchem sich die Meibom'schen Drüsen eingebettet finden. Letztere sind verästelte alveoläre Einzeldrüsen, deren Zellen fetthaltig sind, keine Membrana propria und keine Muskeln im Ausführungsgange haben. Das Sekret der Drüsen ist die Augenbutter, Sebum palpebrale. In der Haut der Augenlider, am Lidrande, stehen Haare, die Cilien oder Augenwimpern, an deren Bälgen kleine Talgdrüsen und die Moll'schen Drüsen münden, welch letztere den Knäueldrüsen vergleichbar sind. In der Haut stecken hier ferner kleine Schweissdrüsen.

Die Conjunctiva palpebrae, die sich als Conjunctiva bulbi auf die Sclera überschlägt, ist eine Schleimhaut mit bindegewebiger Tunica propria und geschichtetem Cylinderepithel. In der Bindehaut der Wiederkäuer finden sich die sogenannten Trachomdrüsen, das sind Anhäufungen lymphoider Zellen, die beim Menschen fehlen. Das dritte Augenlid, die Plica semilunaris, und die Caruncula lacrymalis haben ein geschichtetes Pflasterepithel, letztere ohne Stratum corneum.

Die Nerven der Conjunctiva endigen in Tastkolben.

Das Thränenorgan besteht aus der Thränendrüse, dem Thränensack und dem Ductus nasolacrymalis.

Die Thränendrüse, welche mehrere Ausführungsgänge besitzt, die ein zweischichtiges Cylinderepithel haben, sind tubulöse, lobäre, zusammengesetzte Eiweissdrüsen. Ihr Epithel ist ein geschichtetes Pflasterepithel.

Thränensack und Ductus nasolacrymalis haben ein zweischichtiges Cylinderepithel, das auf adenoider Tunica propria aufsitzt.

Register.

Die Zahlen hinter den Worten weisen auf die Seiten des Textes hin.

A.

B.

G.

H.

I.

K.

L.

M.

N.

O.

P.

Q.

R.

S.

T.

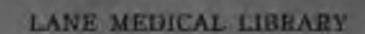
U.

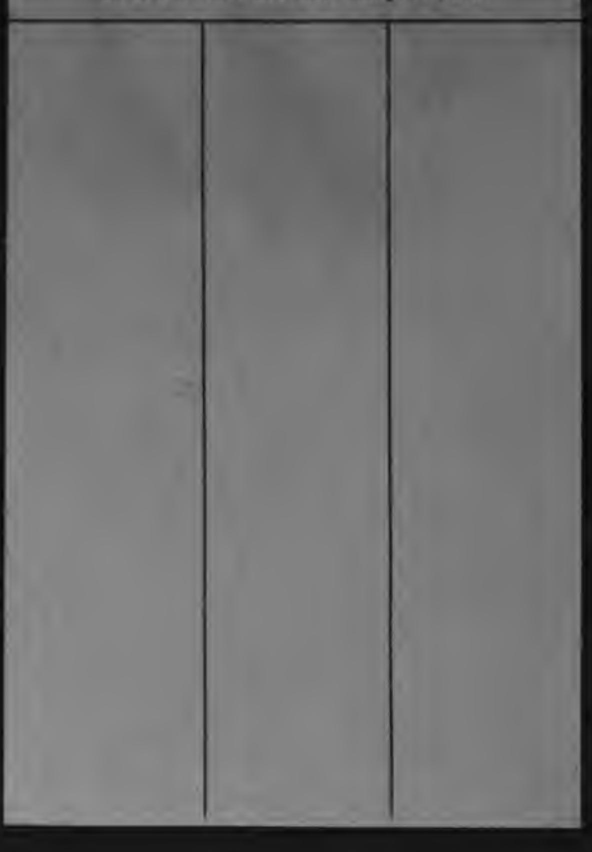
V.

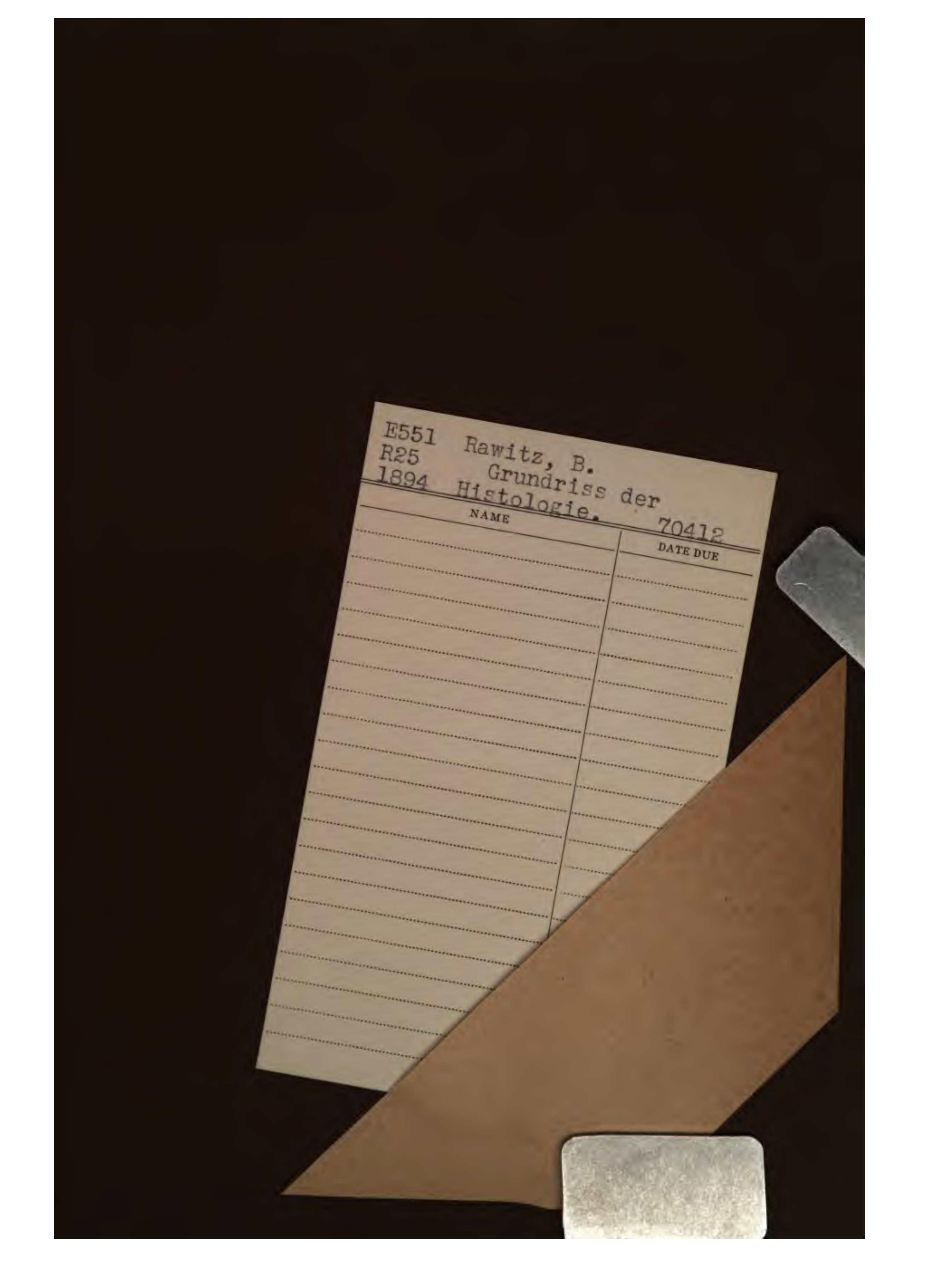
W.

Z.

7—






E551 Rawitz, B.
R25 Grundriss der
1894 Histologie.
70412
NAME
DATE DUE